

I. I. DUMITRESCU

electronografia

METODE ELECTROGRAFICE IN BIOLOGIE





electronografia

O serie de metode și tehnici originale de electrografie, experimentate în ultimii ani, deschid perspectivele cunoașterii științifice ale unor fenomene inaccesibile prin metodele de cercetare cunoscute. Dintre acestea, electronografia a fost dezvoltată preferențial datorită interesului imediat pe care-l prezintă în explorarea organismului uman.

Cartea de față este o introducere în domeniul tehnicilor electrografice, o expunere de contribuții originale, dar mai presus de toate un îndemn la cercetarea organismelor vii cu noi instrumente de cunoaștere a comportamentului electric biologic.

Editura
științifică și enciclopedică

Lei 20,50



La elaborarea lucrării au mai colaborat:

IOAN MAMULAȘ

CARMEN GOLOVANOV

MARIAN BALA

I. FL. DUMITRESCU

Electronografia

METODE ELECTROGRAFICE ÎN BIOLOGIE



EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ
București — 1979

CONTENTS

prima pagină din cuprinsul în limba
română lipsește.

PREFACE	17
PART I: BIOPHYSICAL BASES OF THE ELECTROGRAPHIC TECHNIQUES	19
<i>Chapter 1: BRIEF HISTORICAL ABSTRACT OF THE ELEC- TROGRAPHIC EXPLORATIONS</i>	21
<i>Chapter 2: ELECTROGRAPHIC METHODS APPLIED IN BIOLOGY</i>	33
2.1. Introduction	33
2.2. Electrography by weight-motor (pondero-motor) effect	34
2.3. Electrography by electroluminescence	36
2.3.1. Electrography by very high tension sparking gap	36
2.3.2. Kirlian photography.	37
2.3.3. Electronography	38
2.3.4. Microelectronography	41
2.3.5. Spectrography by electroluminescence	41
2.4. Electrography by electrostatic polarization effect.	42
2.5. Electrography by blocking the secondary light emis- sion	42
2.6. Electrography by thermic effect	42
2.7. Electrography by electronooptical effects	44
2.8. Electrography by electrochemical effects	44
2.9. Electrography by transducer systems	45
2.10. Electrography by microwaves	46
<i>Chapter 3: ELEMENTS OF PHYSICS APPLIED IN ELECTRO- GRAPHY (I. Mamulaș)</i>	52
3.1. The electron — an elementary particle	52
3.2. The electrical charges in magnetic and electrical fields	53

3.5.	Conducția ionică în structurile vii	60
3.6.	Interacțiunea radiațiilor cu substanța	61
3.7.	Fenomene de luminescență	65
3.8.	Descărcări electrice	67
3.9.	Fenomene optoelectronice	69
Capitolul 4: DESCĂRCĂRI ELECTRICE ÎN GAZE (Carmen Golovanov)		73
4.1.	Teoria avalanșelor	73
4.2.	Condiția de autonomie a descărcării	74
4.3.	Teoria strimerilor	77
4.4.	Străpungerea intervalului electroizolant dintre electrozi la aplicarea unei tensiuni de impuls	79
4.5.	Descărcarea corona	81
Capitolul 5: FOTOGRAFIA KIRLIAN (I. Mănușă)		84
PARTEA A II-A: ELECTRONOGRAFIA		95
Capitolul 6: ELECTRONOGRAFIA. PRINCIPII GENERALE		97
6.1.	Definiție. Generalități	97
6.2.	Caracteristici generale	100
6.3.	Controlul emisiei de electroni	104
6.4.	Controlul câmpului electromagnetic.	106
6.5.	Conversia electronoptică	106
6.6.	Analiza imaginii electronografice	107
Capitolul 7: BAZELE BIOFIZICE ALE ELECTRONOGRAFIEI		112
7.1.	Investigarea electronografică a organismului viu	112
7.1.1.	Mediul electric biologic ca volum-conductor activ	113
7.1.2.	Rolul activității electrodermale	116
7.1.3.	Mediul electric proximal în explorarea electronografică	117
7.2.	Originea efectului pelicular	118
7.3.	Efecte generate de polarizarea dielectricului din dispozitivul de înregistrare	123
7.4.	Rolul polarizării electrozilor	126
7.5.	Rolul compoziției mediului gazos din spațiul dielectric	129
7.6.	Efectele polarizării țesutului viu	130
7.7.	Obținerea efectului electromorf	132
7.8.	Originea culorii în imaginea electronografică	135
Capitolul 8: EXPLORAREA ELECTRONOGRAFICĂ A ORGANISMULUI UMAN		138
8.1.	Principii tehnice în explorarea organismului uman	138

8.2.	Electronografia membrelor	141
8.3.	Electronografia abdomenului	147
8.4.	Electronografia toracelui	149
8.5.	Electronografia capului	150

Capitolul 9: MĂSURĂTORILE ELECTRICE DE SUPRAFAȚĂ ȘI IMAGINILE ELECTRONOGRAFICE		154
9.1.	Introducere	154
9.2.	Activitatea electrodermală	158
9.3.	Activitatea electrodermală în condiții patologice	160
9.3.1.	Modificări electrice de origine locală	161
9.3.2.	Modificările electrodermale cu caracter general	162
9.3.3.	Modificările electrodermale zonale cu caracter reflex	162
9.4.	Correspondența modificărilor electrice de suprafață în imaginile electronografice	162
9.4.1.	Activarea punctelor electrodermice	164
9.4.2.	Activări electrodermale	165
9.4.3.	Inactivările electrodermale	166
9.5.	Corelații între aspectele termografice și imaginile electronografice	166

Capitolul 10: IMAGINI ELECTRONOGRAFICE ALE MEDIULUI ELECTRIC PROXIMAL		168
10.1.	Introducere	168
10.2.	Explorarea electronografică a mediului electric proximal	169
10.3.	Evidențierea stratului de aerolon. aderenți	171
10.4.	Aerolonii liberi	173
10.5.	Radiația de interferență biologică	177

Capitolul 11: IMAGINEA ELECTRONOGRAFICĂ A PUNCTELOR DE ACUPUNCTURĂ		178
---	--	------------

Capitolul 12: MODELAREA EXPERIMENTALĂ A EFECTELOR ELECTRONOGRAFICE		188
12.1.	Condiționarea fizică a efectului pelicular	188
12.1.1.	Imagini electronografice obținute cu modele experimentale	189
12.2.	Condiționarea fiziologică a efectului pelicular	193
12.2.1.	Dependența efectului pelicular de activitatea electrodermală	196
12.2.2.	Dependența efectului pelicular de rezistența și tensiunea electrică de fond (EDr, și EDu)	201

12.2.3. Dependența efectului pelicular de variațiile rezistenței și tensiunii electrice cutanate cu caracter reflex (ΔR și ΔU)	202
12.3. Dependența efectului pelicular de circulația terminală	206
12.4. Dependența efectului pelicular de controlul nervos central al activității electrodermale	208

Capitolul 13: EXPLORAREA PRIN ELECTROD TRANSPARENT ȘI ELECTRONOGRAFIA DINAMICĂ 213

13.1. Introducere	213
13.2. Obținerea imaginilor fundamentale seriate	216
13.3. Utilizarea electrozilor transparenți	216
13.4. Amplificatorii de lumină de natură chimică	218
13.5. Fotomultiplicatoarele de lumină	218
13.6. Modalități de electronografie dinamică	218
13.7. Electronoviziunea	219
13.8. Rezultatele explorărilor prin electronografie dinamică	220

PARTEA A III-A: METODE ELECTROGRAFICE ORIGINALE EXPERIMENTATE ÎN BIOLOGIE 223

Capitolul 14: PRINCIPALELE TEHNICI ELECTROGRAFICE DERIVATE DIN STUDIUL METODEI ELECTRONOGRAFICE 225

14.1. Electrografia prin eclatare în foarte înaltă tensiune (în colaborare cu I. Mamulaș)	225
14.2. Electrografia prin efect ponderomotor (în colaborare cu I. Mamulaș)	226
14.3. Electrografia prin efectul de blocare a emisiei secundare de lumină	232
14.4. Convertografia, metodă de explorare a structurilor fizice și biologice	235
14.4.1. Principiile generale ale metodei	236
14.4.2. Înregistrarea imaginii convertografice	239
14.4.3. Semnificația imaginii convertografice	239

Capitolul 15: MICROELECTRONOGRAFIA 241

15.1. Introducere	241
15.2. Metoda microfotografiei în electroluminescență	242
15.3. Metoda microautografiei în electroluminescență	242
15.4. Metoda microautografiei cu viraj cromatic	245
15.5. Microelectronoviziunea	248

15.6.	Sisteme electronoptice de mărire a imaginii prin electroluminescență	248
15.7.	Explorări microelectronografice	249

Capitolul 16 :	SPECTROGRAFIA ÎN ELECTROLUMINESCENȚĂ (în colaborare cu I. Mamulaș)	256
16.1.	Introducere	256
16.2.	Analiza spectrală în electroluminescență în timpul efortului fizic dozat la om	257
16.3.	Analiza spectrală în electroluminescență în afecțiuni leucemice.	259
16.4.	Analiza spectrală în electroluminescență și semnalul „Dowsing”	261
16.5.	Cauzele diferențierilor spectrale electroluminescente în explorarea cubitală a minii umede	263
16.6.	Analiza spectrografică în electroluminescență și stimularea punctelor electrodermice active	263
16.7.	Explorări spectrografice în electroluminescență pentru leucemiile bovine	265

PARTEA A IV-A :	CERCETĂRI DE ELECTRONOGRAFIE ASUPRA COMPORTAMENTULUI ELECTRIC AL TUMORILOR MALIGNE	267
------------------------	---	-----

Capitolul 17 :	COMPORTAMENTUL ELECTROMAGNETIC AL TUMORILOR MALIGNE (I. Mamulaș)	269
-----------------------	---	-----

Capitolul 18 :	EXPLORĂRI ELECTRONOGRAFICE ÎN TUMORILE MALIGNE EXPERIMENTALE	276
18.1.	Principii generale	276
18.2.	Cercetări electronografice cu caracter orientativ (tumori solide și lichide)	278
18.3.	Cercetări asupra efectului electromorf în tumori ascitogene (Erllich)	280
18.4.	Cercetări pe tumori solide experimentale	282
18.5.	Cercetări de microelectronografie pe celulele tumorale de ascită Erllich.	285

Capitolul 19 :	EXPLORAREA ELECTRONOGRAFICĂ A BOLII CANCEROASE LA OM	287
19.1.	Elemente distinctive rezultate din explorarea electronografică a tumorilor maligne umane	287
19.1.1.	Modificări ale efectului pelicular	291
19.1.2.	Puncte și zone cu caracter de activare electrodermală	294

19.1.3. Stratul de aeroioni aderenți	295
19.2. Semnificații de diagnostic diferențial	296

PARTEA A V-A : TEHNICA EXPLORĂRILOR ELECTROGRAFICE	301
---	------------

Capitolul 20 : PRINCIPII DE TEHNICĂ ELECTROGRAFICĂ ȘI APARATE DE ELECTROGRAFIE ȘI ELECTRONOGRAFIE	303
20.1. Generalități despre electrografie (M. Bala)	303
20.2. Metode clasice de electrografie (M. Bala)	304
20.2.1. Clidonografia (M. Bala)	304
20.2.2. Electrografia în defectoscopie (M. Bala)	306
20.2.3. Holografia în microunde (M. Bala)	306
20.2.4. Electroforeza (M. Bala)	312
20.3. Generatoare de tensiune în electrografie (Carmen și Nicolae Golovanov)	313
20.4. Adoptarea unei scheme echivalente a instalației de investigare (Carmen Golovanov)	326
20.5. Determinarea analitică a influenței parametrilor schemei de încercare asupra intensității cimpului electric la care este solicitat subiectul analizat (Carmen Golovanov)	329
20.6. Tehnica Kirlian (M. Bala)	332
20.7. Aparat de electronografie (I. Fl. Dumitrescu)	336
20.8. Prelucrarea și interpretarea imaginii electronografice (I. Fl. Dumitrescu)	343
20.9. Cîteva scheme practice de surse în electrografie (M. Bala)	344

Capitolul 21 : RISCUL EXPUNERILOR ELECTROGRAFICE ÎN REGIM DE CURENT DE FOARTE ÎNALTĂ TENSIUNE. MĂSURI DE SECURITATE ȘI PROTECȚIE	354
---	------------

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	359
---	------------

GLOSAR DE TERMENI	363
------------------------------------	------------

REZUMAT ÎN LIMBA ENGLEZĂ	367
---	------------

CONTENTS

PREFACE	17
PART I: BIOPHYSICAL BASES OF THE ELECTROGRAPHIC TECHNIQUES	19
<i>Chapter 1: BRIEF HISTORICAL ABSTRACT OF THE ELECTROGRAPHIC EXPLORATIONS</i>	<i>21</i>
<i>Chapter 2: ELECTROGRAPHIC METHODS APPLIED IN BIOLOGY</i>	<i>33</i>
2.1. Introduction	33
2.2. Electrography by weight-motor (pondero-motor) effect	34
2.3. Electrography by electroluminescence	36
2.3.1. Electrography by very high tension sparking gap	36
2.3.2. Kirlian photography.	37
2.3.3. Electronography	38
2.3.4. Microelectronography	41
2.3.5. Spectrography by electroluminescence	41
2.4. Electrography by electrostatic polarization effect.	42
2.5. Electrography by blocking the secondary light emission	42
2.6. Electrography by thermic effect	42
2.7. Electrography by electronooptical effects	44
2.8. Electrography by electrochemical effects	44
2.9. Electrography by transducer systems	45
2.10. Electrography by microwaves	46
<i>Chapter 3: ELEMENTS OF PHYSICS APPLIED IN ELECTROGRAPHY (I. Mamulaş)</i>	<i>52</i>
3.1. The electron — an elementary particle	52
3.2. The electrical charges in magnetic and electrical fields	53

3.3.	The electron within the atomic and molecular structures	54
3.4.	Conductors and dielectrics	60
3.5.	Ionic conduction within living structures	60
3.6.	Interaction of radiations with the substance	61
3.7.	Phenomena of luminescence	65
3.8.	Electrical discharges	67
3.9.	Optoelectronic phenomena	69
Chapter 4: ELECTRICAL DISCHARGES IN A GASEOUS MEDIUM (Carmen Golovanov)		73
4.1.	Theory of the avalanches	73
4.2.	The autonomy condition of the discharge	74
4.3.	Theory of the streamers	77
4.4.	Breaking through the electroinsulating interval between the electrodes when applying an impulse tension	79
4.5.	Corona discharge	81
Chapter 5: KIRLIAN PHOTOGRAPHY (I. Mamulaş)		84
PART II: ELECTRONOGRAPHY		95
Chapter 6: ELECTRONOGRAPHY — GENERAL PRINCIPLES		97
6.1.	Definition — generalities	97
6.2.	General characteristics	100
6.3.	Control of the electrons emission	104
6.4.	Control of the electromagnetic field	106
6.5.	Electronooptic conversion	106
6.6.	Analysis of the electronographic image	107
Chapter 7: BIOPHYSICAL BASES OF ELECTRONOGRAPHY		112
7.1.	Electronographic investigation of the living organism	112
7.1.1.	Biologic al electrical medium as active volume-conductor	113
7.1.2.	The part played by the electrodermal activity	116
7.1.3.	Proximal electrical medium in electronographic explorations	117
7.2.	The origin of the pellicular effect	118
7.3.	Effects generated by polarizing the dielectric inside the recording device	123
7.4.	Electrodes polarization	126
7.5.	The part of the composition of the gaseous medium within the dielectric space	129

7.6.	Effects of the living tissues polarization	130
7.7.	The obtaining of the electromorphous effect	132
7.8.	Origin of the colour in the electronographic image	135

Chapter 8: ELECTRONOGRAPHIC INVESTIGATION OF THE HUMAN ORGANISM 138

8.1.	Technical principles in exploring the human organism	138
8.2.	Electronography of the limbs	141
8.3.	Electronography of the abdomen	147
8.4.	Electronography of the thorax	149
8.5.	Electronography of the head	150

Chapter 9: SURFACE ELECTRICAL MEASUREMENTS AND ELECTRONOGRAPHIC IMAGES 154

9.1.	Introduction	154
9.2.	Electrodermal activity	158
9.3.	Electrodermal activity in pathological conditions	160
9.3.1.	Electrical modifications with local origin	161
9.3.2.	Electrodermal modifications with general character	162
9.3.3.	Zonal electrodermal modifications with reflex character	162
9.4.	Surface electrical modifications and their correspondence with the electronographic images	162
9.4.1.	Activation of the electrodermal points	164
9.4.2.	Electrodermal activations	165
9.4.3.	Electrodermal inactivations	166
9.5.	Correlations between the thermographic aspects and the electronographic images	166

Chapter 10: ELECTRONOGRAPHIC IMAGES OF THE PROXIMAL ELECTRICAL MEDIUM 168

10.1.	Introduction	168
10.2.	Electronographic exploration of the proximal electrical medium	169
10.3.	Demonstration of the adherent airions stratum	171
10.4.	Free airions	173
10.5.	The radiation of biologic al interference	177

Chapter 11: ELECTRONOGRAPHIC IMAGE OF THE ACUPUNCTURE POINTS 178

Chapter 12: EXPERIMENTAL MODELLING OF ELECTRONOGRAPHIC EFFECTS 188

12.1.	Physical conditioning of the pellicular effect	188
-------	--	-----

12.1.2. Electronographic images performed on experimental models	189
12.2. Physiological conditioning of the pellicular effect	196
12.2.1. Dependence of the pellicular effect on the electrodermal activity	196
12.2.2. Dependence of the pellicular effect upon the frame resistance and electrical tension (EDr, EDu).	201
12.2.3. Dependence of the pellicular effect upon the variations of the resistance and cutaneous electrical tension with reflex character (ΔR and ΔU)	202
12.3. Dependence of the pellicular effect upon the terminal circulation	206
12.4. Dependence of the pellicular effect upon the central nervous control of the electrodermal activity	208

Chapter 13: EXPLORATION BY TRANSPARENT ELECTRODES. THE ELECTRONOVISION AND THE FILMED ELECTRONOGRAPHIC IMAGES 213

13.1. Introduction	213
13.2. Obtaining of the fundamental images in series	216
13.3. Usage of transparent electrodes	216
13.4. Chemical photomultipliers	218
13.5. Light photomultipliers	218
13.6. Dynamic electronography modalities	218
13.7. Electronovision	218
13.8. Results of the explorations performed by dynamic electronography	220

PART III: ORIGINAL ELECTROGRAPHIC METHODS IN BIOLOGY 223

Chapter 14: PRINCIPAL ELECTROGRAPHIC TECHNIQUES OBTAINED FROM THE STUDY OF THE ELECTRONOGRAPHIC METHOD 225

14.1. Electrography by very high tension sparking gap (in collaboration with I. Mamulaş)	225
14.2. Electrography by weight-motor effect (in collaboration with I. Mamulaş)	226
14.3. Electrography by blocking the secondary light emission	232
14.4. Convertography, exploring method of physical and biological structures	235
14.4.1. General principles of the method	236

14.4.2.	Recording of convertographic image	239
14.4.3.	Significance of convertographic image	239
Chapter 15:	MICROELECTRONOGRAPHY	241
15.1.	Introduction	241
15.2.	The microphotography in electroluminescence method	242
15.3.	The microautography in electroluminescence method	242
15.4.	The microautography by chromatic turning method	245
15.5.	Microelectronovision	248
15.6.	Electronooptic systems of enlarging the image by electroluminescence	248
15.7.	Microelectronographic explorations	249
Chapter 16:	SPECTROGRAPHY BY ELECTROLUMINES- CENCE (in collaboration with I. Mamulaş)	256
16.1.	Introduction	256
16.2.	Spectral analysis by electroluminescence during measured physical effort for man	257
16.3.	Spectral analysis by electroluminescence in leukæmic affections	259
16.4.	Spectral analysis by electroluminescence and the „dowsing” signal	261
16.5.	Causes of the electroluminescent spectral differentiations in the cubital exploration of the hand	263
16.6.	Spectrographic analysis by electroluminescence and the active electrodermal points stimulation	263
16.7.	Spectrographic explorations by electroluminescence in bovine leukemias	265
PART IV:	ELECTROGRAPHIC RESEARCHES ON THE ELECTRICAL BEHAVIOUR OF THE MALIGNANT TUMOURS	267
Chapter 17:	ELECTROMAGNETIC BEHAVIOUR OF THE MALIGNANT TUMOURS (I. Mamulaş)	269
Chapter 18:	ELECTRONOGRAPHIC EXPLORATIONS IN THE EXPERIMENTAL MALIGNANT TUMOURS	276
18.1.	General Principles	276
18.2.	Orientative electronographic researches (solide and liquid tumours)	278
18.3.	Researches on the electromorphous effect in ascitogenous tumours (Erllich)	280
18.4.	Researches on experimental solide tumours	282
18.5.	Microelectronographic researches on the Erllich ascita tumoral cells	285

Chapter 19: ELECTRONOGRAPHIC EXPLORATION OF THE CANCEROUS DISEASE IN MAN	287
19.1. Characteristic elements resulted from the electro-nographic exploration of the human malignant tumours	287
19.1.1. Modifications of the pellicular effect	291
19.1.2. Points and zones with electrodermal activation character	294
19.1.3. The adherent airoions layer	295
19.2. Differential diagnosis meanings	296
 PART V: THE ELECTROGRAPHIC EXPLORATIONS TECHNIQUE	 301
 Chapter 20: PRINCIPLES OF THE ELECTROGRAPHIC TECHNIQUE AND APPARATUSES OF ELECTROGRAPHY AND ELECTRONOGRAPHY	 303
20.1. General notions about electrography (M. Bala) . .	303
20.2. Classical methods of electrography (M. Bala) . .	304
20.2.1. Klidonography (M. Bala)	304
20.2.2. Electrography by defectoscopy (M. Bala)	306
20.2.3. Holography by microwaves (M. Bala)	306
20.2.4. Electrophoresis (M. Bala)	312
20.3. Impulse generators in electrography (Carmen and Nicolae Golovanov)	313
20.4. Equivalent scheme for the investigation equipment (Carmen Golovanov)	326
20.5. Analytical estimation of the influence of the test scheme parameters upon the intensity of the electrical field to which the investigated subject is applied (Carmen Golovanov)	329
20.6. Kirlian technique (M. Bala)	332
20.7. Apparatuses for electronography (I. Fl. Dumitrescu)	336
20.8. Processing and interpretation of the electronographic image (I. Fl. Dumitrescu)	343
20.9. Some practical schemes of electrographic sources (M. Bala)	344
 Chapter 21: THE RISK IMPLIED BY THE ELECTROGRAPHIC EXPOSURES UNDER REGIME OF VERY HIGH TENSION CURRENT. SAFETY AND PROTECTION MEASURES	 354
 SELECTIVE BIBLIOGRAPHY	 359
GLOSSARY	363
SUMMARY	367

În anul 1975, cînd încheiam cartea *Omul și mediul electric*, prefiguram cu aceasta domeniul larg al tehnicilor electrografice biologice, care se defineau și își dobîndeau sens practic în aceleași laboratoare modeste în care s-au dezvoltat și multe dintre metodele de explorare a „fenomenelor electrice de suprafață”.

Electronografia. Metode electrografice în biologie este de fapt expunerea rezultatelor cercetărilor realizate după publicarea primei noastre cărți, constituind în același timp o sursă de argumente concrete pentru ipotezele emise atunci. Înțelegerea fenomenelor electrofiziologice care generează imaginile electronografice și modificarea acestora în condiții fiziologice și patologice se bazează pe datele furnizate de explorările electrice de suprafață.

În concepția noastră, fenomenele electrice de suprafață nu reprezintă limitele electrofiziologice ale organismului viu, ci o întrepătrundere fenomenologică între mediul electric extern și cel biologic, în interiorul și în afara căruia se manifestă prin fenomene specifice, corelate, viața.

Imaginile electrografice au dezvăluit aspecte necunoscute ale organismelor vii explorate. Au putut fi studiate cu ajutorul lor comportamentul biologic în cîmpuri electromagnetice cu caracteristici diferite, distribuția liniilor de forță a cîmpurilor electromagnetice exterioare în jurul structurilor vii, mediul electric de vecinătate, caracteristicile electrice interne și de suprafață. Dificultatea interpretării imaginilor electrografice a făcut necesare numeroase modelări experimentale, a dezvoltat studiul unor fenomene fizice și biofizice insuficient cunoscute.

Perfecționarea metodelor de explorare electrografică, găsirea unor tehnici cu performanțe crescute sau care să complementeze caracteristicile investigate ne-au permis să precizăm posibilitățile și limitele actuale ale acestui domeniu de investigații electrice.

Cele mai multe dintre tehnicile prezentate aparțin cu prioritate țării noastre, cartea fiind o mărturie ce reunește, ca documente, publicații, invenții, lucrări care le datează. În fiecare zi găsim numeroase confruntări în cercetările unor oameni de știință din diferite țări ale lumii: confirmări, reproduceri sau pretinse descoperiri ce omit, credem din lipsă de informații, realizările noastre. Uneori, regretabil, apar erori de interpretare față de care poziția noastră este expusă în paginile acestei cărți.

Fenomenele investigate de noi sînt fenomene biofizice normale, supuse legilor fizicii clasice și moderne, iar oricare abatere găsită nu am atribuit-o fenomenelor paranormale, ce intrigă atît de mult pe oamenii de știință și chiar mai mult pe cei din afara ei, ci acelor „spații albe” ale cunoașterii, din care se desprinde orice nou adevăr științific.

Dacă lucrarea noastră va sluji cunoașterii organismului viu, devenind utilă cercetătorului și practicianului, meritul aparține acelor care ne-au ajutat cu încredere și modestie să învingem greutățile cercetării, cît și acelor care refuzîndu-ne accepciunea ne-au stimulat încrederea în adevărurile ce trebuiau aduse la lumină.

Partea I

**BAZELE BIOFIZICE
ALE TEHNICILOR
ELECTROGRAFICE**

**SCURT ISTORIC AL EXPLORĂRILOR
ELECTROGRAFICE**

Dintotdeauna omul a urmărit cu interes și teamă fenomenele electrice din jurul său atribuindu-le proveniența unor forțe supranaturale. La începuturile evoluției umane, fulgerele care brăzdau cerul erau interpretate ca manifestări divine. Omul primitiv, impresionat de spectacolul furtunii, vedea în dezlănțuirea fulgerului un simbol al puterii cerești asupra pământului căruia el îi aparținea.

În mitologia popoarelor antice fulgerul era însemnul puterii zeităților. De exemplu, Indra, zeul războiului și al trăsnetului la indieni, Addad în mitologia asiriană, Thor în legende scandinave sau Zeus și Jupiter din mitologiile greacă și romană erau stăpînii atotputernici ai naturii și ai omului pe care-l pedepseau cu ajutorul fulgerelor.

Descărcări miraculoase sub forma unor flăcări albastre care apăreau în jurul unor ființe umane în momente de exaltare mistică sînt menționate în vechile scrieri biblice. Astfel, sînt descrise flăcările văzute de Moise pe muntele Sinai sau cele ce aureolau apostolii.

În legătură cu aceste misterioase fenomene luminoase este interesant de arătat că numeroase popoare primitive cunoșteau efectele electricității statice și triboelectrice obținute prin frecarea unor materiale dielectrice, ca de exemplu: chihlimbarul, agata, precum și cristale, utilizate ca obiecte de cult.

Focul a devenit un bun al omului adus de trăsnete și mitul lui Prometeu s-a impus în antichitate ca un simbol al emancipării ființei umane de sub tirania zeităților.

Scinteile ce apăreau între două pietre dure, frecate sau lovite, l-au învățat pe om să obțină focul, determinându-l în același timp să reflecteze și asupra unei noi forme de energie — electricitatea.

Chihlimbarul, cristalul de stîncă sau lemnul uscat frecate dobîndeau proprietatea de atracție sau respingere a unor corpuri ușoare iar uneori, în întuneric, produceau descărcări luminoase asemănătoare fulgerelor. Tales din Milet descrie aceste proprietăți pentru chihlimbar. Filozofii antici explicau descărcările electrice prin existența unui „foc eteric” eliberat de focul soarelui, din arderea norilor sau a aerului (Anaximandru, Heraclit, Empedocle). Iar Leucip, Democrit și Epicur explicau apariția fulgerelor prin combustia atomilor de foc.

Corăbierii antichității, ca și cei ai evului mediu, erau uneori însoțiți pe mări de focuri misterioase ce apăreau în jurul armăturilor metalice ale catargelor. Cunoscute sub denumirea de focul lui Castor și Polux, focul lui Fermie sau focul sfîntului Elm, strălucirile nocturne ale corăbiilor, ce străbăteau zone cu vînturi uscate, se datorau încărcării electrice la tensiuni mari a unor părți metalice din catarge izolate prin structurile lemnoase de suprafața conductoare a mării. Aceste imagini impresionante exaltau imaginația oamenilor amenințați de pericolul naufragiului, interpretindu-le ca prevestiri cerești.

Călătorii ce străbăteau deșerturile uscate în care vînturile răscoleau dunele fierbinți de nisip ascultau adeseori zgomote surde asemănătoare tunetului iar între minile omului și pielea uscată a cămilelor apăreau descărcări electrice.

Oamenii cunoșteau încă din cele mai vechi timpuri proprietățile unor anumiți pești cu organe electrice, cum este peștele-torpilă descris de Aristotel, care aveau proprietatea de a genera descărcări electrice ce paralizau sau ucideau alte vietăți marine.

Secolul al XVI-lea dezvoltă pe baze experimentale studiul electricității. Analiza fenomenelor electrice devine posibilă datorită primului electroscoap inventat de William Gilbert (1540—1603). Mașina electrostatică, descoperită de Otto Guericke (1602—1686) și Hawksbee (1661—1713),

a permis ca fenomenele electrice să devină reproductibile în experiențe de laborator. Observațiile asupra descărcărilor electrice au devenit extrem de frecvente ajungându-se ca experiențele să fie un adevărat joc de societate în saloanele aristocratice ale Europei. Astfel, datorită cunoașterii, dintr-un fenomen terifiant, electricitatea devine o sursă de senzații și spectacol.

Este interesant de arătat că parametrii curentului electric produs în descărcările mașinilor electrostatice erau foarte asemănători cu cei care mai târziu, peste cinci secole, vor fi utilizați pentru obținerea fenomenelor bioelectrografice. Descărcările electrice aveau valori foarte ridicate de tensiune (tensiuni de ordinul zecilor de kV), dar puteri foarte mici, datorită intensității slabe. Utilizarea unui sistem de înregistrare grafică a efectelor acestor descărcări ar fi permis, poate chiar în acea epocă a secolelor al XVI-lea și al XVII-lea, să se obțină primele imagini electrografice ale unui organism viu.

De asemenea, un fenomen extrem de interesant în istoria electricității sînt experiențele lui W. Watson (1715—1786), care pune în discuție, încă din secolul al XVIII-lea, legătura dintre electricitate și fenomenele psihofiziologice, enunțînd pe bază experimentală o teorie asupra gândirii omenești. Tot în secolul al XVIII-lea, inventarea buteliei de Leyda, de către E. G. von Kleist (1700—1784) și P. von Musschebrock (1692—1761), a făcut ca experiențele cu electricitate să dobîndească un nou avînt. Descărcările buteliei de Leyda, condensatori încărcăți de mașinile electrostatice și deci primii acumulatori de energie electrică, s-au făcut prin intermediul organismului uman. Scînteile produse de mîinile experimentatorilor generau o senzație de șoc. Dacă aceste descărcări ar fi fost înregistrate pe emulsii fotosensibile, ele ar fi făcut posibilă realizarea primelor electrografii.

De importanță covârșitoare au fost studiile de electricitate realizate de B. Franklin (1706—1790). El emite prima explicație a polarizării organismului uman în condițiile încărcării electrostatice și studiază prin vizualizare descărcările produse între organisme încărcate electric diferit. Analiza descărcărilor făcută de Franklin prezintă prima descriere competentă a unui efect electrografic obținut asupra organismului viu. În celebra sa

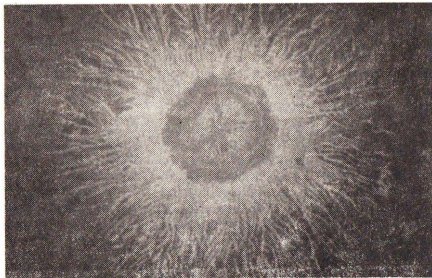
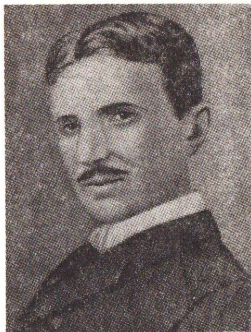


Fig. 1.1 — Figură obținută prin tehnica Lichtenberg.

experiență de captare a fulgerului, Franklin a folosit un smeu a cărui sfoară a devenit bună conducătoare de electricitate prin umezire. El a produs astfel descărcarea unei energii electrice de ordinul megavoltilor.

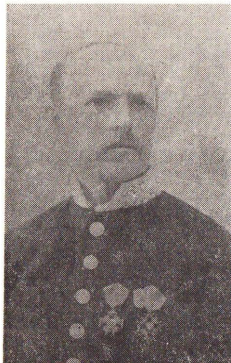
Primele înregistrări electrografice au fost realizate în anul 1777 de fizicianul german G. C. Lichtenberg. Ele au fost obținute prin efectul de mobilizare a unor pulberi foarte fine (efect ponderomotor) între doi electrozi încărcăți diferit. Aceste figuri au fost înregistrate mai târziu cu ajutorul dagherotipului (1851), înregistrarea fotografică preluând imaginea grafică obținută prin efect ponderomotor. Metoda a fost introdusă în tehnica tensiunilor înalte utilizându-se pelicule fotografice, imaginile fiind cunoscute ca figuri Lichtenberg sau clidonografii. Imaginile sînt diferite în funcție de polaritatea sursei și de condițiile de descărcare dintre cei doi electrozi (fig. 1.1).

Cercetările lui N. Tesla (fig. 1.2) asupra transformatoarelor de foarte înaltă tensiune au arătat la sfîrșitul secolului al XIX-lea că în jurul organismului uman, atunci cînd acesta este expus în cîmpuri electromagnetice puternice și de înaltă frecvență, apar radiații luminoase.



Înregistrarea fotografică a radiațiilor emise de corpul uman în cimpuri electromagnetice era cunoscută sub denumirea de efluviografie și mai mulți medici și fizicieni ai epocii au fost tentați să atribuie descărcărilor luminoase semnificații psihofiziologice. Aceste interpretări au fost încurajate de constatarea că anumite persoane reușesc să impresioneze peliculele fotografice la contactul mâinilor cu acestea sau chiar prin intermediul unor straturi izolatoare, opace.

La sfârșitul secolului al XIX-lea, care marca începuturile electrofiziologiei și radiologiei, cercetările îndrăznețe cu ajutorul fenomenelor de bioelectroluminescență au rămas izolate. Înseși fenomenele electrice erau insuficient explicate. Descărcările luminoase prin gaze rarefiate își fac loc în tehnica epocii. Teoria electromagnetismului trece de la faza experimentală, preluată de la Faraday, la o formulare matematică datorată ecuațiilor lui Maxwell. Explicarea originii ondulatorii a luminii de către Hertz a fost cu mult mai târziu înțeleasă și utilizată în explicarea fenomenelor electrice. În medicină și biologie



electrofiziologia era dominată de concepțiile lui Virchow și Claude Bernard. Cercetările lui d'Arssonval, deși privite cu interes, nu reușeau să convingă lumea științifică. În aceeași perioadă descoperirea epocală a lui Roentgen dădea posibilitatea pătrunderii în structurile profunde ale corpului uman. Este ușor de înțeles de ce imaginea structurală obținută cu radițiile X era mai accesibilă pentru acea epocă decît imaginea funcțională electrografică.

Primele imagini electrografice prin electroluminescență au fost obținute în anul 1892 de către medicul și fizicianul polonez Jacob Jodko Narkiewich (fig. 1.3).

J. J. Narkiewich s-a născut în anul 1848. A studiat medicina, electricitatea și artele frumoase la Moscova și la Paris. În anul 1892 își începe experiențele cu descărcări electrice în înaltă tensiune, publicînd primele rezultate privind comportamentul uman. În 1896 își începe colaborarea cu Baraduc, un cunoscut cercetător în domeniul fenomenelor psihofiziologice, continuînd în laboratoarele acestuia de la Paris experiențele prin care

realizează imagini electrografice prin electroluminescență. În 1904 moare în plină putere creatoare, la un moment în care cercetările sale începeau să se impună lumii științifice. Ulterior observațiile sale sînt date uitării.

Aparatul utilizat de J. J. Narkiewich era constituit dintr-o bobină Rumkhorff, alimentată cu două pile de cîte 2 V. Secundarul bobinei era legat la masa încăperii în care se făcea experiența, astfel încît prin borna rămasă liberă se realiza un sistem oscilant de înaltă frecvență. De borna liberă se atașa un fir introdus într-un tub de sticlă pe jumătate umplut cu acid diluat. Dacă o persoană era în contact cu electrodul unipolar astfel format și dacă aceasta era atinsă de o altă persoană, în diferite puncte de minimă rezistență electrică ale primei persoane apăreau descărcări electrice. Zonele cele mai luminoase se dovedeau a fi palmele și celelalte zone sudorale psihogene.

Fenomenul a fost fotografiat pentru prima dată de J. J. Narkiewich în 1898, pe diferite zone corporale. S-au păstrat cu caracter de document fotografii palmare obținute cu această tehnică. Autorul susținea că radiațiile emise prin aceste descărcări erau influențate afectiv de persoanele testate (fig. 1.4).

Cu toate că mai sînt menționate în literatură experiențe similare realizate de M. Sabatinii și Baraduc (1892), nu s-au păstrat documente fotografice ale acestor electrografii.

Cercetările lui J. J. Narkiewich au fost preluate de cehoslovacul B. I. Navratil (1845—1911) (fig. 1.5).

Interesul de care se bucură în această perioadă explorările cu radiații X face să fie date uitării descoperirile pionierilor electrografiei.

Imaginile fotografice imprimate în mod spontan de diferite persoane continuă să preocupe la începutul secolului nostru mai mult cercurile de studii parapsihologice, rămînînd însă în afara unor verificări științifice riguroase. Natura acestor radiații putea fi atribuită încărcărilor electrostatice favorizate de un înveliș cutanat uscat și de îmbrăcămîntea purtată de persoanele în cauză, precum și de condițiile de mediu în care apăreau.

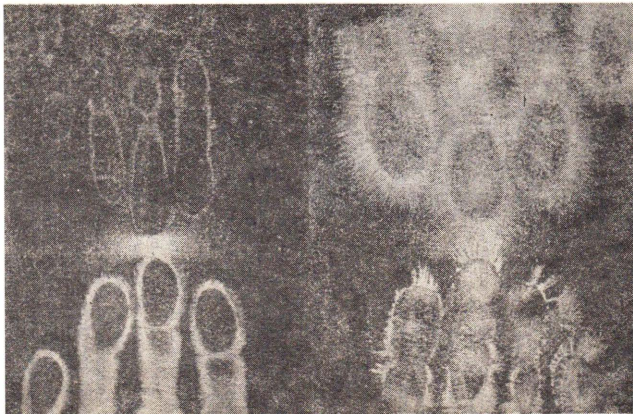
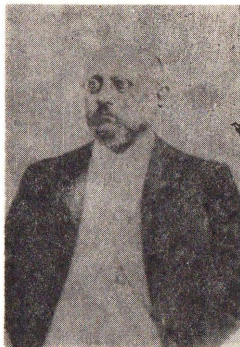


Fig. 1.4 — Imagini electrografice prin electroluminescență obținute de J. J. Narkiewicz.



În anul 1939 tehnicianul sovietic S. D. Kirlian (fig. 1.6) observă întâmplător apariția pe filme fotografice a unor imagini luminoase la expunerea organismului uman în câmpuri electromagnetice de unde ultrascurte. Acest fapt de observație rămîne timp îndelungat fără o valorificare științifică și abia în anul 1959 intră în atenția cercetătorilor care îi consacră studii științifice. În anul 1961 este depus primul brevet de invenție al lui S. D. Kirlian și al Valentinei Kirlian iar în anul 1964 fenomenul este prezentat sub denumirea „fotografie cu ajutorul curențului electric de înaltă frecvență”.

Lumea științifică ia astfel din nou contact cu metoda electrografiei prin electroluminescență, metodă care se bucurase de interes la începutul secolului nostru.

În deceniul 1960—1970 fenomenele de electroluminescență preocupă un grup de cercetători din S.U.A. care încep cercetări asidue în acest domeniu. La New York se organizează primul Congres asupra fotografiei Kirlian, la care se propune ca fenomenele de electroluminescență să fie înglobate în această denumire.



În același an în care Kirlian face cunoscută descoperirea sa, în R. S. Cehoslovacă sînt menționate cercetările lui S. Pratt și J. Schelmar (1939) asupra unei metode asemănătoare fotografiei Kirlian. În 1962 Z. Rejdak utilizează fotografia în curent de înaltă tensiune în observații psihofiziologice.

Utilizînd tehnica Kirlian, în Uniunea Sovietică se fac cunoscute cercetările interesante realizate de V. Adamenko (1970, 1974) și Iniuşin (1974).

În țara noastră cercetările de electrofiziologie asupra structurilor de înveliș cu ajutorul unei metode de electrometrie au permis obținerea unor hărți electrice de suprafață ale corpului omenesc cu semnificații funcționale și diagnostice (1964—1969). Metoda, derivînd ca principiu din metoda dermometrică propusă de C. Richter (1929), transpunea electrografic valorile mai multor parametri electrice obținuți prin măsurători simultane. Aceste explorări au fost denumite explorări electrodermale și au fost propuse ca o metodă de diagnostic complementar (I. Fl. Dumitrescu și Carmen Golovanov). Datorită explorărilor electrice de suprafață au fost eviden-

țiate caracteristicile electrice ale punctelor cunoscute din acupunctura tradițională chineză care au valori crescute ale potențialelor, conductivității și capacității electrice, în comparație cu zonele învecinate, valori care cresc considerabil în condiții de boală în punctele care au corelații funcționale cu organul afectat.

Pornind de la principiile explorărilor electrodermale și de la tehnica fotografiei Kirlian, a fost pusă la punct în anul 1975 o metodă, deosebită de metodele cunoscute, denumită *electronografie*. Caracteristica principală a acestei metode constă în controlul emisiei, propagării și convertirii energiei electronilor, eliberați printr-un singur impuls, într-un dispozitiv de expunere a organismului viu. În anul 1975 au fost obținute imagini electronografice ale întregului organism uman. Tot în același an utilizarea fenomenului de electroluminescență a permis pentru prima oară obținerea de imagini la nivel celular și tisular printr-un procedeu original care a primit denumirea de *microelectronografie* (I. Fl. Dumitrescu, Rela Herivan).

Numeroase posibilități de explorare electrografică a organismelor vii s-au adăugat electronografiei. Astfel, în anul 1976 au fost experimentate electrografia prin efect ponderomotor, electrografia electrostatică, electrografia prin blocarea emisiei secundare de lumină, electrografia cu cristale lichide.



Electrografia este un domeniu științific ale cărui începuturi se confundă cu însăși descoperirea fenomenelor electrice. Posibilitatea obținerii unor imagini cu ajutorul curentului electric care să reprezinte structural sau funcțional corpul fizic investigat a preocupat pe om din cele mai vechi timpuri. Curentul electric de foarte înaltă tensiune, prin fenomenele de electroluminescență, a oferit cele mai simple rezolvări.

Electrografia nu trebuie însă confundată cu fenomenele de electroluminescență: ea nu este dependentă de caracteristicile curentului electric decât numai prin efectul urmărit.

Tehnica modernă caută noi posibilități de obținere a imaginilor electrice și la valori reduse de tensiune.

Aplicațiile metodelor electrografice în explorarea funcțională a organismelor vii au făcut să se întrevadă apariția unei discipline științifice care aparține științelor biologice: bioelectrografia. În cazul explorării unui organism viu, condiția esențială este lipsa unei nocivități imediate sau secundare. Metodele electrografice care au fost perfecționate în ultimii ani au redus considerabil riscul expunerilor la curentul de foarte înaltă tensiune prin limitarea curentului explorator și prin utilizarea unor dispozitive de protecție. Sub aspectul radiațiilor ionizante, pericolul pentru organismul uman este redus mult sub valorile radiațiilor folosite curent în radiologie și medicina nucleară. În prezent se experimentează posibilitățile de explorare bioelectrografică la valori minime de tensiune.

METODE ELECTROGRAFICE ÎN BIOLOGIE

2.1. Introducere. Electrografia este o transpunere în imagini a uneia sau mai multor caracteristici electrice ale unui corp fizic investigat în condiții determinate la un moment dat sau în mod continuu. Imaginile astfel obținute sînt determinate atît de caracteristicile curentului electric explorator, de caracteristicile mediului electric în care se realizează explorarea, cît și de proprietățile electrice ale corpului explorat.

Electrografia este cunoscută în tehnica tensiunilor înalte de foarte multă vreme. Descărcarea surselor de înaltă tensiune este aplicată în tehnică sub denumirea de clidonografie. Utilizarea imaginilor electrografice în explorarea electrică a organismelor vii, cu toate că este semnalată în literatură cu caracter experimental încă de la sfîrșitul secolului trecut, a intrat în atenția cercetătorilor abia în ultimii ani.

Electrografia a cîștigat enorm în interes științific prin progresele pe care le-a adus tehnica fotografiei Kirlian. Așa se explică de ce numeroși autori confundă noțiunea de electrografie cu fotografia prin electroluminescență cu ajutorul curenților de înaltă frecvență, cunoscută ca fotografie Kirlian.

Vom enumera în cele ce urmează principiile generale care stau la baza diferitelor metode și tehnici electrografice cu variantele lor ce ne sînt cunoscute. Ele au ca principiu fundamental diferite efecte ale curentului electric, explorînd în mod distinct prin imaginea astfel realizată aspecte electrice diferite.

Principalele efecte care stau la baza tehnicilor electrografice sînt:

- 1) Efectul de penetrație dielectrică;

- 2) Efectul ponderomotor sau electroforetic;
- 3) Efectul de electroluminescență;
- 4) Efectul de încărcare electrostatică;
- 5) Efectul de blocare a emisiei secundare de lumină;
- 6) Efectul electrotermic;
- 7) Efecte electronoptice specifice;
- 8) Efecte electrochimice;
- 9) Efecte de absorbție diferită a microundelor.

Studiul sistematic al acestor efecte și aplicarea lor în domeniul biologic au condus la realizarea unor tehnici originale de investigare electrică a organismelor vii.

Este deci ușor de înțeles de ce considerăm că tehnica fotografiei Kirlian, care constituie o aplicare a fenomenului de electroluminescență în condiții de foarte înaltă tensiune și radiofrecvență, reprezintă un aspect definit în cadrul metodelor și tehnicilor electrografice care au și alte numeroase posibilități și aplicații de explorare a organismelor vii.

Vom prezenta în continuare principalele tehnici electrografice care au fost experimentate de noi în decursul ultimilor ani. Ele vor schița, credem, unele direcții de dezvoltare noi ale electrografiei.

2.2. Electrografia prin măsurări electrice de suprafață. Utilizează transcrierea valorilor obținute prin măsurători electrice de suprafață cu ajutorul aparatelor de măsură.

Metoda de explorare electrodermală multimetrică realizată de noi ne-a permis primele observații sistematice asupra comportamentului electric al învelișului cutanat în condiții de sănătate și de boală.

Inspirată de metoda electrodermometriei, care a fost introdusă și fundamentată științific de către Curt Richter în America, în deceniile 4 și 5 ale secolului nostru, metoda explorărilor electrodermale a constituit un progres în tehnica explorărilor electrice de suprafață. Cu ajutorul acesteia noi am sistematizat caracteristicile electrice ale organismului viu, precum și modificările electrice cutanate în condiții patologice.

2.3. Electrografia prin efect ponderomotor. Utilizează acțiunea de orientare și de distribuție spațială a unor microparticule, realizată prin ciocnirea acestora cu un flux orientat de electroni sau ioni secundari derivați în

urma ciocnirilor electronice cu moleculele din mediul gazos în care se află microparticulele.

Electrografia prin efect ponderomotor a furnizat primele imagini de tip Lichtenberg, prin pulverizarea unor microparticule neutre sub acțiunea curentului electric la tensiuni ridicate.

Ulterior, în tehnică utilizarea efectului ponderomotor al descărcărilor de foarte înaltă tensiune a fost înlocuită cu folosirea unui procedeu de înregistrare fotografică a efectului de electroluminescență cu o dispoziție similară a liniilor de descărcare (fig. 2.1). Tehnica electrografică prin efect ponderomotor a fost utilizată de noi pentru figurarea liniilor de forță ale organismelor vii în condițiile expunerii lor la diferite nivele de tensiune și corelarea lor cu interacțiunea câmpului electromagnetic biologic. Reluată și adaptată condițiilor de explorare a organismului viu, această tehnică ne-a permis pentru prima dată figurarea unor linii de forță ce înconjură organismele vii.

Efectul ponderomotor este dependent nu numai de caracteristicile sursei de tensiune și ale organismului investigat, de factorii legați de microparticula supusă migrației (dimensiunea, greutatea specifică, permitivitatea electrică, dispunerea sarcinilor electrostatice pe suprafața ei, hidrofilia etc.), ci și de factorii electrici din mediul în care se realizează migrarea (temperatură, umiditate, concentrația ionică cu gradientii respectivi în sensul migrației etc.).

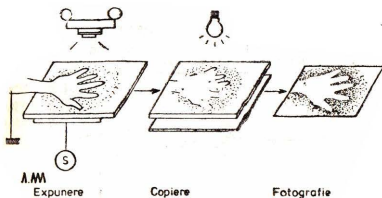


Fig. 2.1 — Schemă de principiu a electrografiei prin efect ponderomotor (originală).

Electrografia biologică poate fi realizată în toate regimurile de curent electric, cu condiția limitării parametrilor electrice la valorile toleranței biologice. Efectele grafice ale metodei constau în reproducerea unor linii de forță orientate în vecinătatea structurilor vii, ce figurează interrelații între acestea și mediul electric exterior.

2.4. Electrografia prin electroluminescență. Metoda se bazează pe efectul de ionizare luminescentă la nivelul de separație a două medii electrice diferite.

În explorarea biologică electroluminescența a fost utilizată pentru prima dată de Jodko Narkiewicz în 1898, apoi de Navratil, în 1910, și de S. D. Kirlian, în 1939, care au folosit curenți de înaltă frecvență și de tensiuni foarte înalte.

Electrografia biologică prin electroluminescență este cunoscută prin cinci variante de tehnici diferite.

2.4.1. Electrografia prin eclatarea de foarte înaltă tensiune. Este utilizată în tehnica defectoscopiei pentru structurile izolante. Principiul său constă în dirijarea canalelor de ionizare produse de curenții de foarte înaltă tensiune prin zonele de impedanță minimă ale mediului dielectric interpus în câmpul electromagnetic. Tehnica electrografiei prin eclatare a fost utilizată de noi în detectarea punctelor electrodermice cunoscând impedanța minimă a acestora care diferă de tegumentul înconjurător (fig. 2.2). Fotografierea sau înregistrarea grafică a

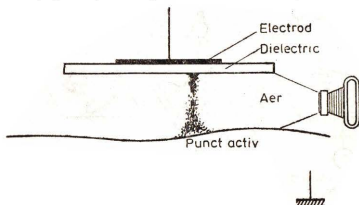


Fig. 2.2 — Schemă de principiu a electrografiei prin eclatare în regim de foarte înaltă tensiune (originală).

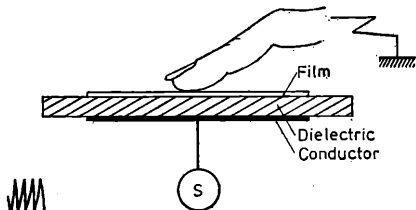


Fig. 2.3 — Schema de principiu a fotografiei Kirlian.

canalelor de descărcare dintre organism și un electrod explorator plan cu o distribuție uniformă de câmp electromagnetic permite detecția zonelor de minimă rezistență electrică cutanată.

4.4.2. *Fotografia Kirlian.* Este metoda care a impus în lumea științifică explorarea electrografică biologică.

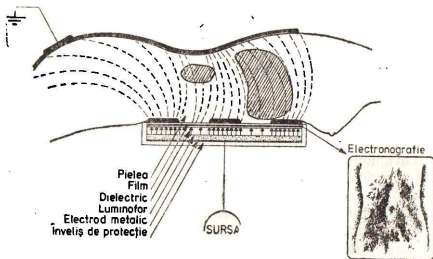
Cercetările autorilor sovietici sînt prestigioase în acest domeniu.

Fotografia Kirlian este o tehnică de explorare a organismelor vii în câmpurile electromagnetice generate de curenți electrici în regim de radiofrecvență și foarte înaltă tensiune (fig. 2.3). Imaginea se produce prin apariția unor microcanale de ionizare în spațiul dielectric în care se află plasat senzorul de lumină la limita de separație a mediului electric biologic cu mediul electric extern. În jurul organismului expus se formează descărcări relativ omogene de tipul efectului pelicular suprapus (aura marginală). Prezența canalelor de ionizare exprimă existența unor zone de minimă rezistență electrică în mediul electric din vecinătatea organismului (mediu electric proximal), precum și în interiorul acestuia.

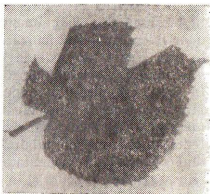
Fotografia Kirlian s-a dovedit de certă valoare în explorarea organismelor vii la limita de separare față de mediul înconjurător.

2.4.3. *Electronografia*. Reprezintă o variantă a electrografiei prin electroluminescență în condițiile în care mediile de trecere ale fluxului de electroni sînt relativ compacte (fig. 2.4 a și b). Propagarea fluxului de electroni se face într-un singur sens și o singură dată (impuls unic).

Electronografia, care este o metodă originală (I. Fl. Dumitrescu și colaboratorii, 1975), se caracterizează prin trei elemente esențiale:



a



b

Fig. 2.4. a — Schema de principiu a electronografiei (originală);
b — Prima imagine electronografică (obținută pe o frunză) (originală).

- 1) Cuantificarea emisiei electronice;
- 2) Diferențierea particulelor cu sarcină în câmpul electromagnetic creat;
- 3) Scintilația diferențiată cu determinarea nivelului energetic al particulelor accelerate, prin convertirea lor într-un flux luminos proporțional.

Tehnica electronografică utilizează impulsuri unice cu polaritate, amplitudine, pantă de creștere și energie controlate. Tensiunile sînt de ordinul tensiunilor ce generează „potențialul exploziv” în condițiile impedenței totale a circuitului electric folosit (fig. 2.5).

Imaginea electronografică se caracterizează prin trei aspecte distincte care pot fi predominante între ele, în funcție de tehnica aleasă:

- a) Aspectul pelicular sau al descărcării marginale fundamentale, aspect care însumat cu caracterul repetitiv ca în tehnica Kirlian poate genera aura caracteristică;
- b) Aspectul electromorf generat de distribuția câmpului electromagnetic al impulsului de foarte înaltă tensiune în interiorul volum-conductorului reprezentat de organismul viu;

c) Aspecte ale mediului electric proximal (stratul aerionilor aderenți, aeroioni liberi și alte emisii luminoase).

Dispozitivul de electronografie îndeplinește condițiile de principiu expuse și este, sub acest aspect, diferit de tehnica Kirlian.



Fig. 2.5 — Impuls electronografic de polaritate negativă (originală).

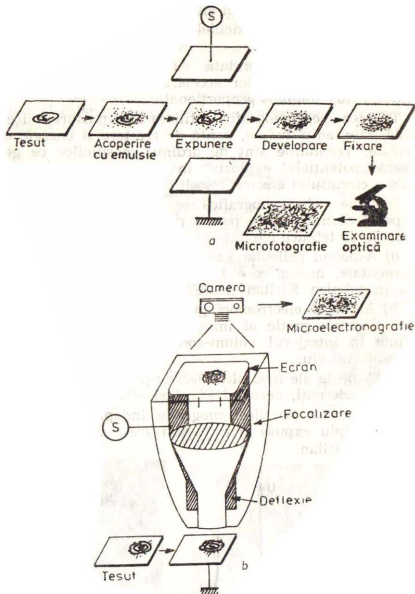


Fig. 2.6 *a* — Schema de principiu a microelectronografiei (originală);
b — Dispozitiv de amplificare electrooptică utilizat în examenul imaginilor microelectronografice (originală).

Electronografia, la fel ca și fotografia Kirlian, aparține marelui grup de posibilități electrografice prin efect de electroluminescență.

2.4.4. *Microelectronografia*. Reprezintă obținerea unor imagini prin electroluminescență la nivel celular. Ea a fost realizată pentru prima dată în anul 1975 în țara noastră (Dumitrescu, Herivan) (fig. 2.6 a și b).

Tehnica microelectronografiei, mult mai pretențioasă decît a electronografiei, constă în expunerea unui preparat biologic în strat monocelular într-un cîmp electromagnetic generat de un impuls unic sau serii de impulsuri la un nivel de amplitudine determinat experimental.

Electroluminescența la nivel celular se înregistrează printr-o emulsie fotosensibilă sau printr-un fotosenzor, mărită, examinată și memorată prin dispozitive optice sau electronooptice.

Imaginea microelectronografică se obține în procedeul alb-negru, în procedeul color natural sau convertită în culori convenționale pentru mărirea contrastului.

Metoda își are aplicabilitatea în explorările celulare sau tisulare.

2.4.5. *Spectrografia prin electroluminescență*. Această metodă a permis analiza calitativă a radiațiilor electroluminescente. O metodă originală de spectrografie prin electroluminescență (fig. 2.7) ne-a oferit date interesante asupra comportamentului bioenergetic uman. Metoda constă în analiza corelată a radiațiilor spectrale extreme conținute în zona descărcărilor marginale, prin înregistrarea cu senzori selectivi.

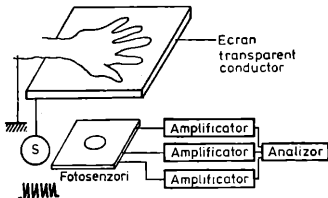


Fig. 2.7 — Schema de principiu a spectrografiei în electroluminescență (originală).

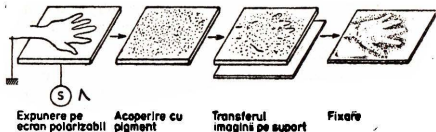


Fig. 2.8 — Schema de principiu a electrografiei prin efect electrostatic (originală).

2.5. Electrografia prin efect de polarizare electrostatică. Principiul metodei constă în efectul de încărcare electrostatică a unor materiale dielectrice și semiconductoare, care adăunează în secundar pigment microgranular ce este descărcat pe un suport cu contrast optic (fig. 2.8). Metoda a fost experimentată și comunicată în 1975 (Dumitrescu și Celan).

Sursa de foarte înaltă tensiune generează impulsuri unice și monopolare identice cu tehnica electronografiei. Principiul electrografiei prin încărcare electrostatică a fost utilizat în reproducerea imaginii electronografice.

2.6. Electrografia prin efect de blocare a emisiei secundare de lumină. Fenomenul blocării emisiei secundare de lumină prin descărcări electrice neluminescente (observat de Dumitrescu, 1976) este opus emisiei de lumină ce se produce în descărcările de tip electroluminescent.

Metoda utilizează stingerea unui ecran fosforescent, în prealabil excitat prin lumină sau printr-un alt procedeu, în zonele în care un câmp electromagnetic tranzitoriu ce traversează organismul viu interacționează cu ecranul excitat (fig. 2.9). Imaginea de „întuneric” reproduce, ca și imaginea prin electroluminescență, caracteristicile electrice ale organismului viu, putând detecta anomalii de distribuție prin zone luminoase.

2.7. Electrografia prin efect termic. Efectul termic al descărcărilor de înaltă tensiune prin intermediul organismului viu constituie o altă posibilitate de înregistrare-investigație electrică a acestuia. Descărcările de înaltă tensiune se realizează printr-un dispozitiv special ter-

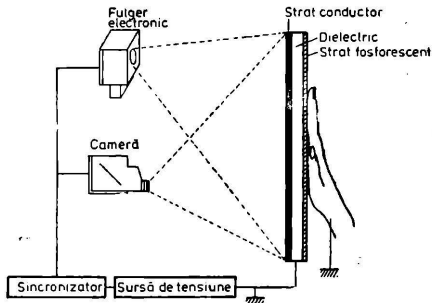


Fig. 2.9 — Schema de principiu a electrografiei prin blocarea emisiei secundare de lumină (originală).

mografic, prin intermediul unui strat de cristale lichide cu viraj cromatic etalonat, sau captate printr-un circuit de termoviziune (fig. 2.10). Această posibilitate de ex-

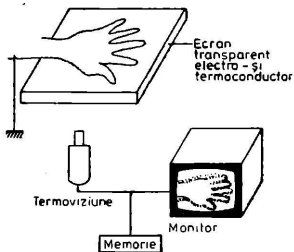


Fig. 2.10 — Schema de principiu a electrografiei prin efect termic (originală).

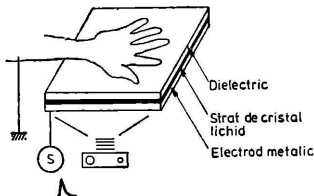


Fig. 2.11 — Schema de principiu a electrografiei prin efect electrooptic (originală).

plorare electrografică a fost experimentată recent de noi și constituie o altă metodă conceptual și ca efect diferită de cunoscuta tehnică a fotografiei Kirlian.

2.8. Electrografia prin efecte electrooptice. O categorie aparte de metode sînt cele în care imaginea grafică ce traduce caracteristicile electrice ale unui organism utilizează conversia unor fenomene electronice în imagini luminoase (fig. 2.11). În acest sens, se disting două grupe principale de metode:

a) Metode bazate pe utilizarea cristalelor lichide de două categorii: termolabile și sensibile la variațiile electromagnetice;

b) Metode ce utilizează luminofori care sînt excitați prin variațiile cîmpului electric la un regim determinat de tensiune.

Metodele electrooptice permit explorări electrografice la valori de tensiune electrică mult diminuate comparativ cu electrografia prin electroluminescență.

2.9. Electrografia prin efecte electrochimice. Una dintre cele mai recente metode care ne-a permis fotografierea liniilor de forță ale unui organism viu expus într-un anumit cîmp electromagnetic este o tehnică prin efect electrochimic. Metoda se bazează pe acțiunea de sensibilizare a emulsiei fotosensibile din halogenură de argint, insensibilizată în prealabil la lumină, sub acțiunea cîmpului electromagnetic (fig. 2.12).

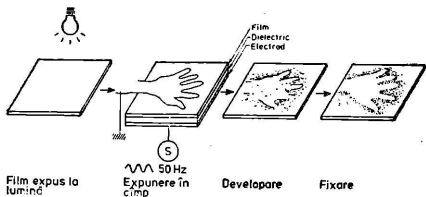


Fig. 2.12 — Schema de principiu a electrografiei prin efect electrochimic (originală).

2.10. Electrografia prin sisteme transductoare. Constă în obținerea unei imagini realizate cu transductori punctiformi ce explorează una din caracteristicile electrice ale unui organism investigat și reconstituirea imaginii prin resintetizare punct cu punct a distribuției valorice a unui parametru explorat, transformat astfel în semnal electric. Sistemul de afișare ce poate fi utilizat într-o astfel de explorare este cel mai adesea un circuit de videocaptare (fig. 2.13).

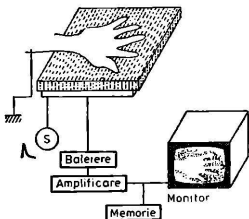


Fig. 2.13 — Schema de principiu a electrografiei prin sisteme transductoare (originală).

2.11. Electrografia prin microunde. Explorarea organismelor cu ajutorul microundelor (propusă de M. Bala) permite realizarea unui tip inedit de electrografie biologică. Pentru microunde organismul apare ca un volum-conductor cu o distribuție neuniformă de impedanță, respectiv cu zone ce vor reflecta mai mult sau mai puțin fasciculul de microunde incident. Imaginea organismelor în microunde permite obținerea unor informații morfo-funcționale: distribuția punctelor electrodermice active, comportarea termică diferențiată a țesuturilor iradiate, evidențierea unor stări patologice ale țesuturilor.

În această prezentare succintă cu caracter introductiv în tehnica electronografică am căutat să precizăm locul electronografiei între tehnicile de electrografie biologică.

Electrografia se impune ca un adevărat domeniu științific modern, cu vaste posibilități în explorarea organismelor vii și în special a organismului uman.

Această împărțire a metodelor electrografice după efectele fundamentale ale curentului electric și nu după caracterul surselor electrice și al modului de înregistrare a imaginii considerăm că este justificată și va contribui la un real progres în valorificarea practică a metodelor prezentate.

Nu trebuie să uităm însă că o metodologie, oricât de perfectă ar părea prin rezultatele pe care le oferă, nu valorează decât prin adevărul științific ce o fundamentează și care are multiple posibilități de dezvoltare. Sintem convinși că principiile electrografiei vor genera numeroase variante, așa cum electronografia își găsește filiație directă în fotografia în curent electric de înaltă frecvență.

Considerăm însă că din toate metodele pe care le-am experimentat pînă în prezent, electronografia ne-a furnizat rezultatele cele mai surprinzătoare și cu posibilități de utilizare imediate.

Pentru respectarea cronologiei dezvoltării electrografiei ca știință, ținem să precizăm că majoritatea tehnicilor prezentate constituie contribuții originale atestate prin brevete de invenții și publicații românești.

Tablou sinoptic al caracteristicilor principalelor metode electrografice experimentate

Tipul electrografiei	Varianta	Autorii și data experimentării	Caracteristici generale	Caracteristicile sursei de tensiune	Caracteristicile dispozitivului de înregistrare	Efecte grafice	Domenii de utilizare
0	1	2	3	4	5	6	7
1. Electrografia prin efect ponderomotor	Tehnica clonografică	Lichtenberg, 1777	Migrarea și orientarea microparticulelor în câmp electromagnetic	Înaltă tensiune și foarte înaltă tensiune — Impulsuri monopolare	Migrarea unor pulberi fine sub electrozii de descărcare	Evidențierea liniilor de forță dintre electrozi. Procedeu alb-negru sau în culoarea particulelor	Electrotehnica tensiunilor înalte
	Tehnica explorării biologice	I. Fl. Dumitrescu, 1976	Migrarea și orientarea microparticulelor sub acțiunea câmpului electromagnetic generat de curenții de foarte înaltă tensiune la limita organismelor vii	— Foarte înaltă tensiune — Impulsuri monopolare	Migrarea unor microparticule cu caracteristici cunoscute în interiorul unui capacitor	Evidențierea liniilor de forță în jurul mediului biologic, procedeu alb-negru sau în culoarea microparticulelor	Explorarea câmpului biologic
2. Electrografia prin electroluminescență	Electrografia prin eclatare		Eclatarea prin puncte și zone de minimă rezistență	Foarte înaltă tensiune și foarte înaltă frecvență	Electrod eclator electric pe suprafața explorată	Canal de descărcare fotografiat lateral	Defectoscopie. Detectarea punctelor de acupunctură

0 1 2 3 4 5 6 7

Fotografia Kirlian	S.D. Kirlian, 1939	Fenomen de electroluminescență biologică la limita de separare a unor medii electrice distincte.	— Foarte înaltă tensiune — Radio-frecvență	Capacitor cu formare de canale de ionizare	Descărcări marginale și la limita de separație a mediilor expuse, procedeu alb-negru sau color	— Cercetare biologică — Explorarea fenomenelor bioelectrice de suprafață
--------------------	--------------------	--	---	--	--	---

Electronografia	I. Fl. Dumitrescu, 1975	Cuantificarea emisie electronice. Diferențierea particulelor în cimp. Scintilația diferențiată	Foarte înaltă tensiune. Impuls monopolar unic pozitiv sau negativ	Ecran capacitor cu dielectric și scintilație diferențiată	Descărcare marginală fundamentală (efect pelicular). Efect de distribuție volumetrică a impulsului electromagnetic. Efect de ionizare a moleculelor gazoase din mediul electric proximal. Procedeu alb-negru sau color.	Explorarea fenomenelor bioelectrice de suprafață. Diagnostic electrofuncțional. Localizarea și fotografierea punctelor de acupunctură. Cercetare biologică și industrială
-----------------	-------------------------	--	---	---	---	---

	Microelectroneografia	I. Fl. Dumitrescu, Rela Herivau, 1975	Electroluminescența la nivel celular tisular	Foarte înaltă tensiune. Trenuri de impulsuri pozitive sau negative	Expunere în strat monocelular a preparatului biologic acoperit cu emulsie fotosensibilă	Impresionarea emulsiei fotosensibile la nivel microscopic. Procedeu alb-negru sau în culori convenționale	Cercetare citologică. Studiul punctelor de pasaj energetic la nivel celular și tisular
	Spectrometria în electroluminescență	I. Fl. Dumitrescu, 1976	Analiza spectrală a emisiei de lumină	— Foarte înaltă tensiune — Trenuri de impulsuri pozitive sau negative	Sistem de multisenzori sensibil pe zone limitate complementare ale radiațiilor culese în apropierea descărcărilor	Curbe analogice sau date numerice corespunzătoare zonei spectrale analizate	Cercetare biochimică. Diagnostic paraclinic. Studiul efectelor acupuncturii
3	Electroneografia prin blocarea emisiei secundare de lumină	I. Fl. Dumitrescu, 1976	Blocarea emisiei fosforescente prin emisie autoelectronică	— Înaltă tensiune și foarte înaltă tensiune — Curent de formă sinusoidală sau impulsională	Ecran capacitor cu emisie secundară de lumină	Imagine întunecată cu gradăție de absorbție luminoasă în funcție de caracteristicile electrice ale organismului. Procedeu alb-negru sau color	În experimentare

0	1	2	3	4	5	6	7	
4.	Electrografia I. Fl. prin polarizare electrostatică	Dumitrescu, E. Celan, 1975	Încărcarea electrostatică a unei plăci semiconductoare	— Înaltă tensiune — Impuls monopolar unic pozitiv sau negativ	Ecran electric cu strat semiconductor polarizabil	Imagine de contrast cu caracter de electro-nografie, procedeu alb-negru sau color	În experimentare	
5.	Electrografia prin efect termic	I. Fl. Dumitrescu, 1976	Transformarea efectului termic al descărcărilor de înaltă tensiune în imagine luminoasă	— Foarte înaltă tensiune și înaltă frecvență — Curent de formă sinusoidală și impulsională	Ecran capacitor cu senzor termic sau cu radiație termică	— Imagine cu gradăție de tonuri. — Procedeu alb-negru sau culori convenționale	— Cercetare biologică — Diagnostic electro-funcțional	
6.	Electrografie prin conversie electro-optică	Tehnica cu luminofoři Tehnica cu cristale lichide	I. Fl. Dumitrescu, 1977	Deschiderea unor straturi de substanță convertoare	Orice tip de curent electric	Ecran cu luminofor sau cristale lichide	Imagine alb-negru, unicro-matică sau policromatică	În stadiu de experimentare
7.	Electrografie prin efect magnetic	I. Fl. Dumitrescu, M. Bala, I. Mamulaș, 1978	Transformarea efectului magnetic al cimpului electromagnetic în imagine	Curent alternativ sinusoidal sau impulsional. Înaltă frecvență	Ecran capacitor cu pilitură de fier mobilizabilă sau folie magnetizabilă	Imagine obținută prin distribuția micro-particulelor	În stadiu experimental	

8. Electro- grafie prin efec- te chimi- ce		I. Fl. Dumitrescu, I. Mamulaș, M. Bala, 1978	Expunerea în câmp a unor filme elec- trosensibile	Curent de câmp mică, medie și înaltă tensiune, joasă frec- vență	Ecran căpa- citor incom- plet	Imagine alb- negru a distri- buției liniilor echipotențiale	În stadiu experimen- tal
9. Electro- grafia prin electro- metrie		I. Fl. Dumitrescu, Carmen Golova- nov, 1967	Culegerea parame- trilor electrice prin transductori cuta- nați și reconstitui- rea distribuției	Valorile surselor en- dogene sau ale surselor exploratoa- re în joasă tensiune	Sistem multi- transductor	Hartă de distri- buție	Explorări electro- fiziologice
10. Electro- grafia în micro- unde	Holografia în microun- de. Imagine bi- dimensională în micro- unde	M. Bala, 1978	Reflexia diferen- țiată a fasciculului de microunde în funcție de carac- teristicile electrice ale structurii vii investigate	Câmp de înaltă frecvență	Măsurarea cîmpului re- flectat cu traductor punctiform urmată de calcul și afi- șare. Ecran sensi- bil la câmp de micro- unde. Înre- gistrarea efectului termic al microundelor	Imagine alb- negru sau vira- tă cromatic	Medicină Biologie În studiu experimen- tal

**ELEMENTE DE FIZICĂ APLICATE ÎN
ELECTROGRAFIE**

3.1. Electronul — particulă elementară. Experimental se constată că în anumite condiții corpurile pot fi trecute în stare de electrizare, căpătînd o sarcină electrică. Mediul înconjurător corpului ce posedă sarcină electrică este mediul unei forme speciale de existență a materiei, numită cîmp electric. Cîmpul electric este mijlocitorul interacțiunilor dintre corpurile electrizate. Pe cale experimentală se arată că sarcina electrică a oricărui corp este multiplul întreg al unei sarcini electrice elementare, care reprezintă sarcina electrică a unui electron.

Existența electronului, ca particulă constituantă a substanței, a fost dovedită de către J. J. Thomson în 1897. Prin măsurători s-a găsit că valoarea absolută a sarcinii electronului este $e = 1,60210 \cdot 10^{-19}$ C, iar masa de repaus $m_0 = 9,1091 \cdot 10^{-31}$ kg.

Electronii sînt particule elementare constituate ale structurii atomice, participînd alături de protoni și neutroni la realizarea edificiului atomic neutru din punct de vedere electric. În concepția actuală atomul este considerat ca fiind format dintr-un nucleu (sediu al sarcinii pozitive), care concentrează aproape toată masa atomului, și un înveliș electronic (sediu al sarcinii negative). Prin interacțiunile dintre învelișurile electronice ale atomilor se pot realiza suprastructuri atomice numite molecule.

În studiul fenomenelor fizice la care participă electronii, se pot deosebi două situații ale acestora: electroni legați și electroni liberi. Cîteva situații în care apar electronii legați sînt: structura atomică, moleculară, emisia

și absorbția luminii etc., iar electronii liberi apar în situații, ca: descărcări electrice, sisteme de accelerare, emisia termoelectronică etc.

3.2. Sarcinile electrice în cîmpuri electrice și magnetice. Spre deosebire de cîmpul magnetic, cîmpul electric este un cîmp cu surse, el fiind creat de corpuri electrizate. Dacă sarcina și poziția corpurilor electrizate sînt invariabile în timp, cîmpul electric se numește cîmp electrostatic.

Două corpuri punctiforme, încărcate cu sarcinile Q_1 și respectiv Q_2 , interacționează prin intermediul cîmpului electrostatic, forța de interacțiune fiind dată de legea lui Coulomb:

$$\vec{F} = \frac{Q_1 \cdot Q_2}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{\vec{r}}{r^3}, \quad (3.1)$$

unde $\vec{r}$ este distanța dintre cele două corpuri, iar ϵ — o constantă caracteristică mediului dintre cele două corpuri, numită constanta dielectrică absolută sau permitivitatea absolută a mediului respectiv.

Aceeași forță de interacțiune mai poate fi scrisă astfel:

$$\vec{F} = Q \cdot \vec{E}, \quad (3.2)$$

unde $\vec{E}$ se numește intensitatea cîmpului electrostatic creat de Q_1 la distanța r și:

$$\vec{E} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{\vec{r}}{r^3}. \quad (3.3)$$

Potențialul electric este o altă mărime ce caracterizează cîmpul electrostatic al sarcinii Q_1 într-un punct la distanța r , și are valoarea:

$$V = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon r}. \quad (3.4)$$

Diferența de potențial dintre cele două puncte de potențial, V_1 și respectiv V_2 , este:

$$U = V_1 - V_2. \quad (3.5)$$

În cazul cîmpurilor electrice uniforme intensitatea cîmpului electric este:

$$E = \frac{U}{d}, \quad (3.6)$$

unde d este distanța dintre cele două puncte situate pe aceeași linie de cîmp, între care există diferențe de potențial U .

Cîmpul magnetic este o altă formă de existență a materiei și este caracterizat prin aceea că nu are surse și nu acționează decît asupra sarcinilor electrice în mișcare. Forța cu care acționează un cîmp magnetic asupra unui corp cu sarcină electrică Q și viteza $\vec{v}$ se poate scrie utilizînd intensitatea cîmpului magnetic $\vec{H}$ astfel:

$$\vec{F} = \mu Q \vec{v} \times \vec{H}, \quad (3.7)$$

unde μ este permeabilitatea magnetică a mediului, iar operația dintre cei doi vectori este operația de produs vectorial.

Introducînd mărimea $\vec{B} = \mu \vec{H}$, numită inducția cîmpului magnetic, putem scrie forța cu care acționează simultan un cîmp electric și unul magnetic asupra corpului cu caracteristicile de mai sus:

$$\vec{F}_L = Q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}), \quad (3.8)$$

unde $\vec{F}_L$ se numește forța Lorentz.

Cunoscînd forța Lorentz, se poate determina legea de mișcare a corpului de mai sus, integrînd ecuația care exprimă legea a doua a dinamicii nerelativiste:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_L, \quad (3.9)$$

unde m este masa corpului. Din legea de mișcare se poate determina și traiectoria corpului în sistemul de cîmpuri considerat (fig. 3.1).

Cîmpurile electrice și magnetice sînt două aspecte ale unei forme de existență a materiei numită cîmp electromagnetic. Un cîmp magnetic variabil în timp dă naștere unui cîmp electric, iar un cîmp electric variabil în timp generează un cîmp magnetic. Liniile de cîmp elec-

$\vec{B} \neq 0, \text{ct}$ $\vec{E} \neq 0, \vec{E}_\perp \neq 0$ $\vec{v}_{i\parallel} \neq 0, \vec{v}_{i\perp} \neq 0$	$\vec{B} \neq 0, \text{ct}$ $\vec{E}_\parallel \neq 0, \vec{E}_\perp \neq 0$ $\vec{v}_{i\parallel} \neq 0, \vec{v}_{i\perp} \neq 0$	$\vec{B} \neq 0, \text{ct}$ $\vec{E}_\parallel \neq 0, \vec{E}_\perp \neq 0$ $\vec{v}_{i\parallel} \neq 0, \vec{v}_{i\perp} \neq 0$
electron		
		
		
ion pozitiv		
		

Fig. 3.1 — Mișcarea particulelor electrizate și viteza de derivă v_D în cîmp magnetic B și cîmp electric E perpendiculare între ele.

tric și magnetic se înconjură reciproc, fapt care arată că matematic cîmpul electromagnetic este un cîmp rotațional. Lungimea de undă a cîmpului electromagnetic este egală cu distanța cu care se propagă cîmpul electromagnetic în timpul unei perioade. Lumina, radiațiile infraroșii, radiațiile ultraviolete etc. sînt de natură electromagnetică, diferind între ele prin lungimile de undă.

3.3. Electronul în structurile atomice și moleculare. Studiind împrăștierea particulelor radioactive pe foițe metalice, Rutherford a stabilit în 1911 că toată sarcina pozitivă a atomului și aproape toată masa acestuia sînt concentrate într-un nucleu cu dimensiuni de ordinul a 10^{-13} cm. În urma experiențelor efectuate, Rutherford propune modelul planetar al atomului, model conform căruia atomul este alcătuit dintr-un nucleu pozitiv iar în jurul acestuia gravitează, pe orbite închise, electronii. Sarcina nucleului este egală în valoare absolută cu suma sarcinilor electronilor, astfel încît atomul în ansamblu

este neutru. De asemenea, electronii au masele foarte mici, ceea ce face ca aproape toată masa atomului să fie conținută în nucleu. Acest model planetar explică bine experiențele de împrăștiere a particulelor în materie, stabilind totodată că numărul de sarcini pozitive elementare cuprinse în nucleu este egal cu numărul de ordine Z al elementului respectiv din tabelul lui Mendeleev. Cu toate acestea însă, modelul planetar, în forma inițială, era incompatibil cu electrodinamica clasică. Rezulta, aplicând legile electromagnetismului, ca spectrul atomului să fie continuu, ceea ce ducea, datorită pierderii continue de energie, la „căderea” electronilor în nucleu și la încetarea existenței atomului ca sistem de tip planetar. Pe de altă parte însă, experiențele arată că atomii sînt stabili și că au spectre discrete de emisie și de absorbție.

Pentru a rezolva contradicția, Niels Bohr introduce primele elemente cuantice privind structura atomică, completînd modelul planetar cu următoarele postulate:

1. Electronii se mișcă în jurul nucleului pe orbite staționare, mișcarea efectuîndu-se fără emisie sau absorbție de energie.

2. Pe orbitele staționare momentul cinetic orbital al unui electron este multiplu întreg de $h/2\pi$, h fiind constanta lui Planck. Deci:

$$m \cdot v \cdot r_n = n \frac{h}{2\pi}; \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (3.10)$$

unde m este masa electronului, v viteza pe orbita n , r_n raza orbitei iar $h = 6,625 \cdot 10^{-27}$ erg·s.

Formula (3.10) reprezintă condiția de cuantificare a momentului cinetic orbital.

3. Cînd un electron trece de pe o orbită pe alta are loc emisia sau absorbția unei cuante de energie. Cuanta de energie emisă sau absorbită ($h\nu$) este egală cu valoarea absolută a diferenței energiilor E_k și E_m corespunzătoare orbitelor k și respectiv m :

$$h\nu = |E_k - E_m|. \quad (3.11)$$

E_k și E_m se mai numesc și nivele energetice. Dacă E_k este mai mare decît E_m atunci are loc emisia unei cuante de energie iar dacă E_k este mai mic decît E_m are loc absorbția aceleiași cuante de energie. Experimental se con-

stată că trecerea de pe un nivel energetic pe altul se poate realiza și prin emisia sau absorbția multifotonică. În acest caz, suma energiilor fotonilor emiși sau absorbiți este egală cu diferența energiilor corespunzătoare celor două nivele pe care are loc tranziția.

Modelul atomic al lui Bohr explică suficient de bine comportamentul spectral al atomului de hidrogen și al ionilor hidrogenoizi, dar se dovedește inutilizabil pentru a descrie structura atomilor multielectronici. În acest caz, trebuie revizuită, conform cu legile mecanicii cuantice, însăși noțiunea de traiectorie a electronului în atom. Conceptele clasice de traiectorie, de localizare a electronului nu mai sînt utilizabile la nivelul dimensiunilor atomice și subatomice. În conformitate cu relațiile de incertitudine ale lui Heisenberg, se vorbește nu despre traiectoria electronilor, ci despre „norul” electronic în care electronii sînt localizați cu o anumită probabilitate. Elementul fundamental al teoriei lui Bohr — existența nivelelor energetice discrete în atom — se păstrează, dar se cuantifică și alte mărimi care caracterizează starea electronului în atom. Astfel, un electron dintr-un atom este caracterizat de patru numere cuantice:

1. Numărul cuantic principal n , de care depinde esențial energia electronului în atom. El ia valori întregi pozitive de la 1 la infinit. Electronii cu același n alcătuiesc ceea ce se numește o pătură electronică.

2. Numărul cuantic orbital l , care determină momentul orbital al impulsului electronului, și care ia valori întregi pozitive de la 0 la $n-1$, unde n este numărul cuantic principal.

3. Numărul cuantic magnetic m_l , care caracterizează orientarea momentului magnetic orbital al electronului într-un câmp magnetic exterior. El ia valori întregi pozitive sau negative de la $-l$ la $+l$ inclusiv 0.

4. Numărul cuantic de spin m_s , care exprimă o proprietate particulară a particulelor elementare la fel de importantă ca masa sau sarcina electrică. Pentru electron spinul poate lua numai două valori: $+1/2$ sau $-1/2$, după cum are loc orientarea într-un câmp magnetic exterior.

Într-un atom, electronii se dispun astfel încît să fie satisfăcute următoarele condiții:

- a) doi electroni nu pot avea cele patru numere cuantice identice, ceea ce înseamnă că stările electronilor în atom

sînt distincte. Această afirmație constituie principiul de excluziune al lui Pauli.

b) în starea fundamentală, atomul și electronii săi sînt în starea de energie minimă.

Proprietățile fizice și chimice ale elementelor chimice sînt determinate de învelișurile electronice ale atomilor respectivi existînd o legătură directă între structura păturilor electronice ale unui atom și locul său în sistemul periodic al lui Mendeleev.

În anumite condiții atomii se pot asocia, formînd suprastructuri atomice, numite molecule. În general, o moleculă este formată dintr-un număr de centre grele (nucleele atomilor sau ionilor) în jurul cărora gravitează electronii. Asemănător cu cazul atomilor, și aici se poate vorbi despre un nor electronic. Datorită diferenței mari dintre masele electronilor și masele nucleelor (de exemplu, un proton este de circa 1840 de ori mai greu decît un electron) putem considera, într-o primă aproximație nucleele în repaus față de mișcarea electronilor. De aceea dacă vrem să studiem mișcarea moleculei în ansamblu obținem rezultate bune lucrînd cu valorile medii ale mărimilor ce caracterizează proprietățile mișcării electronilor în moleculă.

Distribuția de sarcini electrice, una dintre proprietățile specifice importante ale moleculelor, este complet caracterizată dacă se precizează atît distanțele dintre nuclee, cît și densitatea de sarcină electronică. Se poate întîmpla ca centrul sarcinilor electrice pozitive ale nucleelor și centrul sarcinilor negative ale norului electronic să coincidă așa cum coincide întotdeauna în cazul oricărui atom. Cel mai adesea însă, cele două centre nu coincid, ceea ce implică pentru moleculă existența unui moment de dipol permanent dat de relația:

$$\vec{p}_0 = \sum_i e \vec{r}_i, \quad (3.12)$$

unde $\vec{r}_i$ sînt vectorii de poziție ai nucleelor și electronilor, bara exprimînd medierea peste mișcarea electronilor, iar însumarea făcîndu-se peste toate nucleele și peste toți electronii.

Într-un cîmp electric, molecula este deformată și de aceea, chiar dacă nu are un moment de dipol permanent

apare unul indus. Într-o primă aproximație, momentul dipolar indus este liniar cu creșterea intensității câmpului electric $\vec{E}$:

$$\vec{p} = \alpha \vec{E}, \quad (3.13)$$

unde α este polarizabilitatea moleculei.

Ca și în cazul atomilor, la molecule există diferite stări electronice care se pun în evidență prin caracterul specific al spectrelor de emisie și de absorbție.

În ceea ce privește forțele care acționează la nivel molecular, se disting forțe intramoleculare (forțe limită), care determină coeziunea moleculelor, și forțe intermoleculare (forțe care acționează între molecule). În cadrul forțelor intramoleculare distingem trei tipuri principale care realizează următoarele legături: legătura ionică, legătura covalentă și legătura metalică. De regulă, atomii care se combină pentru a forma molecule au tendința să-și realizeze o configurație electronică stabilă, de tipul celei pe care o au gazele inerte (nobile). Modul în care își realizează această tendință determină tipul legăturii.

În cazul legăturii ionice atomii moleculei sînt sub formă de ioni pozitivi și negativi, forța de legătură fiind de tip electrostatic.

Experiențele arată că legătura covalentă, caracteristică moleculelor biatomice de tip H_2 , N_2 , O_2 , Cl_2 , precum și unor compuși organici, cum ar fi CH_4 , este de regulă asociată cu prezența unei perechi de electroni, care aparțin simultan atomilor constituenți ai moleculei.

Legătura metalică, ce se realizează în cazul rețelilor cristaline ale metalelor, nu este, pînă în prezent, pe deplin explicată. În aprecierea legăturii metalice trebuie să ținem seama de faptul că metalul este un ansamblu de miezuri ionice pozitive consolidate de mișcarea electronilor cvasiliberi, mișcare care asigură, de exemplu, conducția electrică.

Dintre forțele de tip intermolecular, remarcăm forțele Van der Waals. Aceste forțe apar datorită deformărilor reciproce pe care le induc moleculele, deformări care determină apariția unor momente de dipol, deci a unor interacțiuni între moleculele respective. Trebuie menționat că legăturile de tip Van der Waals sînt mult mai slabe decît legăturile ionice sau covalente.

3.4. Conductorii și dielectricii. Conductorii sînt substanțe bune conducătoare de electricitate, spre deosebire de dielectrici (izolanți) care nu conduc curentul electric. Conductorii pot fi clasificați în conductori de specia întâi și a doua. Din prima categorie fac parte metalele, la care purtătorii de sarcină sînt electronii liberi, iar din a doua, acele substanțe la care deplasarea sarcinii electrice este însoțită de o deplasare de substanțe. Moleculele dintr-un dielectric sînt relativ depărtate între ele, astfel că electronii, fiind strîns legați de atomi, nu se pot deplasa în volumul dielectricului. Un dielectric introdus într-un cîmp electric extern se polarizează, apărînd pe anumite regiuni ale suprafeței sale sarcini de un semn iar pe altele, sarcini de semn contrar. Dielectricii care păstrează o polarizare remanentă după înlăturarea cîmpului electric extern se numesc electreți.

3.5. Conducția ionică în structurile vii. Curentul electric prin electroliți (conducătoare lichide) are drept purtători de sarcină ioni pozitivi, numiți cationi și ioni negativi numiți anioni. La introducerea în electrolit a doi electrozi conductori situați la potențiale electrice diferite, are loc deplasarea orientată a ionilor în cîmpul electric astfel creat.

Dacă electrolitul conține n_1 molecule de substanță dizolvată în unitatea de volum și η este gradul de disociere al substanței, atunci conductivitatea electrică a electrolitului este:

$$\sigma = n_1 \eta (k_+ + k_-) q, \quad (3.14)$$

unde k_+ și k_- sînt mobilitățile celor două tipuri de ioni, iar q — sarcina ionului pozitiv. Deci intensitatea curentului electric care străbate aria A este:

$$I = \sigma \cdot EA, \quad (3.15)$$

unde E este intensitatea cîmpului electric aplicat prin intermediul celor doi electrozi. Intensitatea biocurenților în celule sau țesuturi vii este de ordinul a 10^{-4} — 10^{-1} A. Un asemenea curent este însoțit de transport de substanță și se numește curent de convecție și are sensul mișcării ionilor pozitivi.

În organismele vii conducția electrică se face prin intermediul ionilor. Zonele lezate ale unui țesut au o negativitate sporită. Între o zonă intactă a pielii și una lezată se constată o diferență de potențial de 3—50 mV, care scade pe măsura vindecării.

Mușchii conduc curentul electric de 6—7 ori mai bine decât grăsimea subcutanată. Rezistența electrică a corpului uman este dată de rezistența pielii și rezistența țesuturilor profunde și diferă după punctele între care este măsurată.

La tensiuni mari (40—90 kV) și intensități mici, aplicate local sub formă de scinte, de exemplu, apar efecte asemănătoare electricității statice, iar undele ultracurte își exercită acțiunea asupra țesuturilor de profunzime, contactul cu electrozi nemaifiind necesar.

3.6. Interacțiunea radiațiilor cu substanța. Radiațiile de mare energie produc efecte asemănătoare cu cele produse de radiațiile mai puțin energice, ca cele din spectrul ultraviolet sau vizibil. Un efect caracteristic radiației de mare energie este ionizarea mediului prin care se propagă, asemănător cu efectele produse de descărcările electrice. În anumite condiții energetice, radiația de mare energie scindează moleculele mediului, generând în acest mod radicali liberi. Interacțiunea particulelor energetice care poartă sarcină electrică cu electronii materialului absorbant duce la transfer de energie, determinând excitația atomilor și moleculelor acestuia. Ionizarea are loc când energia transferată depășește potențialul de ionizare al atomilor și moleculelor.

Pierderea de energie pe unitatea de lungime de parcurs x de către o particulă (mai grea decât electronul) de sarcină z , energie E și viteză v , într-un mediu absorbant de număr atomic Z cu N atomi pe cm^3 este:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi e^2 z^2 N Z}{mv^2} \ln \frac{2mv^2}{V_e}, \quad (3.16)$$

unde e este sarcina electronului, m — masa electronului și V_e — potențialul mediu de excitație al atomului absorbant, considerind că participă la proces toți electronii absorbantului. Materialele absorbante se diferențiază prin termenul logaritmice al relației de mai sus. Pentru ionii

pozitivi, pierderea de energie este independentă de masa particulei și depinde numai de viteza și sarcina acestora.

Interacțiunea radiațiilor de mare energie cu substanța generează particule energetice cu sarcină (electroni sau particule grele), care la rîndul lor produc ionizări și excitări în jurul traiectoriei particulei inițiale. Transferul liniar de energie crește pe măsură ce viteza particulei scade spre sfîrșitul parcursului. În urma iradierii, solidele incolore sau slab colorate pot prezenta absorbții accentuate în vizibil sau ultraviolet, ceea ce permite folosirea metodelor colorimetrice și spectrofotometrice în studiul acestora. Procesele de viață foarte scurtă (microsecunde-nanosecunde) pot fi urmărite cu ajutorul spectroscopiei de absorbție. Astfel, se poate măsura variația densității optice prin metode fotografice sau fotoelectrice chiar în timpul iradierii cu electroni. Cu astfel de metode se poate pune în evidență electronul hidratat, cît și reacțiile sale cu diferiți produși în medii apoase și organice iradiat cu electroni sau cu radiații gama.

Electronii energetici disipează energia în grupuri mici (de aproximativ 10^2 eV) separate printr-o distanță medie de ordinul a $10^2 \mu$ în gaze cu o densitate de 1 mg/cm^3 , de exemplu, aerul la presiunea atmosferică. Electronii secundari generează molecule excitate și ioni pe o distanță de aproximativ 1μ în jurul ionului primar.

Electronii nelegați de moleculele individuale pot exista în mai multe stări. Un electron cvasilibrer prezintă o slabă interacțiune cu mediul înconjurător și se poate deplasa între două ciocniri pe distanțe de cîteva diametre moleculare. Aceste stări se produc în gazele care nu atașează electroni pentru a forma ioni negativi. Electronul localizat difuzează prin mediu cu o viteză apropiată de aceea a unui ion molecular. Această stare se produce în fazele lichidă și solidă care nu atașează electroni pentru a forma ioni negativi. În lichide cu constantă dielectrică mică, cei mai mulți dintre electronii secundari sînt atrași înapoi de ionii părinte, iar în faza gazoasă, la presiunea atmosferică o mare parte din electronii secundari ies din cîmpul electric al ionilor părinte.

Prin frinarea electronilor, în prealabil accelerați, într-o țintă de material greu pot fi generate radiații de frinare

Roentgen. Frecvența maximă a fotonilor obținuți este dată de relația:

$$h\nu_{\max} = eU, \quad (3.17)$$

unde U este tensiunea de accelerare a electronilor. Frecvențele mai mici se obțin datorită faptului că electronii pot pierde o parte din energie prin ionizare sau datorită faptului că un electron poate produce doi sau mai mulți fotoni. Radiația de frinare are un spectru continuu independent de natura țintei. Radiațiile de frinare caracteristice substanței din care este făcută ținta apar dacă tensiunea de accelerare a electronilor depășește o anumită valoare critică.

Prin diferite procese de interacțiune cu substanța un fascicul de particule (fotoni sau particule cu masă de repaus) se atenuază pe măsură ce pătrunde în substanță. Tipurile de procese sînt cele de împrăștiere (devierea particulelor de la direcția primară) și de absorbție. Împrăștierea poate fi elastică sau neelastică, după felul ciocnirii pe care o suferă particula din fascicul. Prin absorbție particulele își pierd complet energia de mișcare (uneori energia totală), fie printr-un singur act de interacțiune, fie prin mai multe, determinînd o atenuare exponențială, respectiv o atenuare de parcurs.

Atenuarea unui fascicul se poate determina din scăderea intensității acestuia. Atenuarea unui fascicul de electroni este cazul intermediar al celor de mai sus.

În cazul atenuării exponențiale, intensitatea radiației depinde de distanța x (distanța de pătrundere în absorbant) după legea:

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (3.18)$$

unde I_0 este intensitatea inițială (la $x = 0$) a fasciculului. Coeficientul de atenuare μ este inversul grosimii pentru care intensitatea se reduce de e ori (e este baza logaritmilor naturali) și depinde de densitatea și starea fizică a mediului.

La interacțiunea radiației electromagnetice cu substanța, electronii oscilează cu aceeași frecvență ca a undei incidente și remit energia primită sub forma unei radiații electromagnetice de aceeași frecvență (efect Thomson).

Radiațiile electromagnetice pot interacționa cu substanța printr-o ciocnire directă între foton și un electron. Electronul smuls din atom, numit fotoelectron, poate fi scos de pe orice pătură electronică. Energia cinetică a fotoelectronului este:

$$T = h\nu - L, \quad (3.19)$$

unde $h\nu$ este energia fotonului incident, iar L este energia de legătură a electronului în atom. Acest proces poate avea loc numai dacă $h\nu$ este mai mare decât L . Un foton nu poate interacționa prin acest efect cu un electron liber.

În timp ce efectul de mai sus (efectul fotoelectric) se poate produce numai cu un electron legat, efectul Compton poate avea loc cu un electron liber sau ușor legat. În acest proces de interacțiune, un foton de energie $h\nu_0$, după ce pune în mișcare un electron (electron Compton), se împrăștie cu o energie mai mică $h\nu(\nu < \nu_0)$.

Formarea de perechi este efectul care se obține la interacțiunea fotonilor de energii mai mari decât 1,02 MeV, cu nuclee atomice. Fotonul dispare și apare un electron și un pozitron. Uneori procesul de formare a unei perechi electron-pozitron poate avea loc în câmpul unui electron și în acest caz sînt puse în mișcare trei particule: perechea electron-pozitron și electronul primar. Acest proces se numește formarea de tripleți. Pragul energetic de formare a tripleților este 2,04 MeV.

Relativ la atenuarea fasciculelor de electroni, un electron pierde mai multă energie dacă se deplasează în faza gazoasă decât în faza solidă sau lichidă a aceleiași substanțe, probabilitatea pierderii de energie prin radiația de frinare fiind cu atît mai mare, față de probabilitatea pierderii de energie prin ionizare, cu cît energia cinetică a electronilor și numărul Z al substanței sînt mai mari.

Particulele încărcate care se deplasează într-un mediu sînt deviate ca urmare a interacțiunii lor cu câmpul electric al nucleelor și al electronilor orbitali. Electronii, avînd masa mică, sînt ușor deviați, suferind numeroase împrăștiuri elastice. Astfel, pentru grosimi mici, pătratul unghiului mediu de deviație în aer este:

$$\bar{\theta}^2 = 7 \cdot 10^3 \cdot \frac{d}{T}, \quad (3.20)$$

unde d este grosimea stratului în centimetri și T — energia electronului incident în keV. Unghiul β este măsurat în radiani.

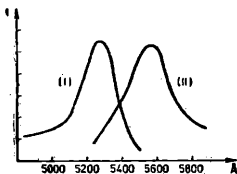
Prin interacțiunea radiațiilor cu țesuturile vii au loc aceleași procese care se petrec la absorbția în substanța lipsită de viață. Electronii eliberați din molecule în urma ionizării primare pot avea suficientă energie pentru a produce, la rîndul lor, ioni secundari (ionizare secundară). În substanța vie, iradierea conduce la modificări chimice care determină distrugerea parțială sau totală a celulelor. Celula nu mai poate îndeplini funcționalitatea sa și țesutul din care face parte este supus unor perturbații funcționale.

3.7. Fenomene de luminescență. După cum am arătat mai înainte, moleculele unei substanțe oarecare emit radiații la trecerea de pe nivele energetice superioare pe nivele energetice inferioare. Aducerea moleculelor în stări energetice excitate se poate face în mai multe moduri, în funcție de felul energiei furnizate: energie luminoasă, energie electrică, energie chimică etc. Dezexcitarea moleculelor unei substanțe produce o radiație specifică substanței respective, radiație care se prelungește un timp mai mare de 10^{-10} s de la încetarea cauzei care o produce. În aceste condiții vorbim despre fenomene de luminescență.

După modalitățile de excitare, distingem următoarele tipuri de luminescență: fotoluminescență, electroluminescență, chemoluminescență și triboluminescență.

Cînd o radiație luminoasă este absorbită de o substanță, se poate întîmpla ca energia absorbită să fie reemisă sub forma unei radiații cu un spectru în general diferit de cel al luminii excitatoare, acesta fiind cazul fotoluminescenței. Din punct de vedere spectral, lumina emisă este situată în general mai spre roșu comparativ cu spectrul luminii incidente (regula lui Stokes) (fig. 3.2). De asemenea, intensitatea luminii emise este proporțională cu intensitatea luminii absorbite. Dacă la trecerea pe nivelul energetic inferior emisia se face cu aceeași frecvență cu frecvența excitatoare, avem de-a face cu fenomenul de rezonanță optică. În cazul în care, după excitare, molecula pierde o parte din energia primită prin ciocniri cu alte molecule, energia rămasă este re-

Fig. 3.2 — Spectru de absorbție (I) și de fluorescență (II) — radiații Stokes.



emisă ca o radiație de frecvență mai mică decât frecvența luminii excitatoare, producându-se fenomenul de fluorescență. Spectrul de fluorescență este specific fiecărei molecule. Dacă molecula excitată prin radiație luminoasă trece pe nivele metastabile, reemisia are loc cu o mare întârziere, care la temperaturi obișnuite este de ordinul orelor sau zilelor. Acest fenomen, care se observă la unele substanțe organice în soluție, precum și la unele anorganice (sulfură de zinc, de calciu, săruri de uraniu etc.), se numește fosforescență. Spectrul de fosforescență este asemănător cu spectrul de fluorescență, iar intensitatea radiației emise scade exponențial cu timpul și este dependentă de temperatură.

Luminescența rezultată în urma descărcărilor electrice se numește electroluminescență. Aceasta este luminescența observată în timpul descărcărilor electrice în gaze, precum și luminescența produsă de anumite substanțe plasate în câmpuri electrice variabile. Pentru electroluminescență, energia de excitare este de natură electrică. Câmpul electric aplicat în timpul descărcării, de exemplu, furnizează energie moleculelor sau atomilor pentru a trece pe nivele superioare, revenirea pe nivele energetice mai joase făcându-se cu emisia de radiații luminoase. În tuburile în care au loc descărcări la presiuni scăzute, se observă o luminescență datorată fluxului de electroni puternic accelerat de câmpul existent în tubul de descărcare și care ciocnesc catodul, producând o luminescență catodică.

Radiația care apare în urma transformărilor chimice pe care le suferă un corp oarecare se numește chemoluminescență. Luminescența de acest tip însoțește unele

reacții chimice, în care o parte din energia degajată este emisă la exterior sub formă de radiații luminoase. În acest caz, energia de excitare o constituie tocmai energia chimică.

3.8. Descărcări electrice. Începînd cu doctorul Wolf (1698) care a obținut o scintile „lungă de aproape un inch“, descărcările electrice în gaze au cunoscut o continuă dezvoltare pe plan teoretic, experimental și aplicativ. În secolul nostru și mai ales în ultimii ani, descărcările electrice au pătruns ca un instrument nou de cercetare în lumea medicală, dînd posibilitatea investigării structurii umane dintr-un punct de vedere nou și încurajator.

Toate procesele (elementare) care se petrec în această formă de existență a materiei numită plasmă sînt legate de starea ionizată a substanței. Aceste procese multiple au fost împărțite în procese de volum și procese de suprafață, după cum se petrec în volumul sau la suprafața coloanei de descărcare. La rîndul lor, procesele de volum pot fi neelastice sau elastice, după cum energia internă a particulelor se schimbă sau nu în urma ciocnirilor. Procesele neelastice se mai împart în procese directe sau indirecte dacă în urma lor are loc absorbție și, respectiv, degajare de energie.

Din procesele elastice fac parte ciocnirile electronilor cu atomi neutri ai unui element, ciocnirile ion-atom ai aceluiași gaz și ciocnirile unui ion cu atomul unui alt element.

Din procesele neelastice directe fac parte: excitarea atomului în urma unei ciocniri electronice, excitarea cu ioni pozitivi, ionizarea prin ciocnire electronică, ionizarea cu ioni pozitivi, fotoexcitarea ionului negativ, iar din cele indirecte fac parte: recombinarea unei perechi ion-electron, însoțită de emisia unui foton, captura electronului de către un atom sau moleculă neutră, prin emisie de foton, transferul rezonant de sarcină între un ion și un atom de același tip, accelerarea electronului prin ciocniri de genul al doilea cu un atom excitat.

Procesele elementare superficiale cuprind: emisia termoelectronică, emisia electronică secundară, emisia fotoelectronică etc.

J. S. Townsend a dat prima teorie completă a mecanismului descărcării (teoria avalanșelor), care presupune că electronii emiși de suprafața catodului vor ioniza pe parcurs un număr de atomi, generînd ioni pozitivi și electroni. În felul acesta numărul electronilor crește rapid, formîndu-se o avalanșă de electroni, iar pe de altă parte ioni pozitivi ce se deplasează în sens opus formează o avalanșă de ioni pozitivi.

Experimental se constată că teoria lui Townsend nu explică o serie de fenomene ale descărcării, imediat ce produsul pd depășește $200 \text{ cm} \cdot \text{mmHg}$ (unde p este presiunea iar d este distanța anod-catod).

În urma cercetărilor cu ajutorul camerei Wilson se constată că inițial descărcarea are loc prin formarea de avalanșe, după care apar canale (strimeri) ce conțin particule ionizate într-un număr mult mai mare decît al avalanșelor.

Explicații relative la strimeri au fost date de către Raether (strimerul negativ) și Meek și Loeb (strimerul pozitiv). Raether consideră că electronii liberi ce se formează în urma ionizărilor cu ocazia avalanșei primare determină apariția de noi electroni ce se încadrează într-un strimer electronic intens. Meek și Loeb pleacă de la ipoteza că, după ce electronii frontali au fost absorbiți de anod, sub influența cîmpului creat de ioni pozitivi (din canalul inițial), sînt atrase și avalanșele secundare (formate în urma fotoionizării), determinînd creșterea strimerului pozitiv. Astfel, potențialul anodului se „întinde” prin canalul format de ioni pozitivi determinînd intensificarea acestuia prin captarea noilor avalanșe formate. Prin acest model se poate explica bifurcarea și ramificarea strimerului pozitiv. Meek și Loeb dau două condiții de existență a strimerului pozitiv, prima referindu-se la raportul dintre intensitatea cîmpului exterior și a celui furnizat de sarcini, iar cealaltă se referă la numărul de fotoni ce se formează în partea frontală a avalanșei.

Descărcarea Townsend se caracterizează prin curenți de ordinul a 10^{-15} — 10^{-16} A , după care prin creșterea curenților începe să se simtă efectul sarcinii spațiale și descărcarea trece într-un regim staționar. Acest regim este sediul descărcării corona caracteristică cîmpurilor

electrice neuniforme cu gradiente locale ridicate. Prin creșterea curenților și în condițiile unor presiuni ridicate, descărcarea trece fie în descărcarea luminescentă (10^{-3} — 10^{-1} A) și apoi în arc (1—10A), fie în străpungerea gazului explicată prin teoria strimerilor. Descărcarea luminescentă este menținută de către electronii emiși prin bombardamentul catodului cu ioni pozitivi, fotoni, atomi metastabili, atomi neutri rapizi etc. Descărcarea luminescentă se caracterizează prin existența mai multor zone numite: prima lumină catodică, spațiul întunecat Aston, spațiul întunecat catodic, lumina negativă, spațiul întunecat Faraday.

Descărcarea în arc se caracterizează prin curenți mari în coloană, căderi de tensiune mici, conductibilitate electrică mare și presiune mai ridicată a gazului. Descărcarea în arc poate fi cu emisie termoelectronică (cu încălzire exterioară sau pe seama descărcării) sau cu emisie auto-electronică (curentul electronic apare în urma extragerii electronilor din catod de către un câmp electric puternic).

Descărcarea de înaltă frecvență apare când electronilor dintr-un mediu gazos li se aplică o diferență de potențial variabilă în timp, cu o frecvență suficient de ridicată. În prezent nu există o teorie completă a descărcărilor de înaltă frecvență.

3.9. Fenomene optoelectronice. Modul de desfășurare a fenomenelor optice și electrice depinde de mediul în care se produc. Această dependență este direct legată atât de structura internă a mediului respectiv, cât și de condițiile fizice în care se desfășoară fenomenele respective.

Relativ de curînd, în optoelectronică s-au impus, alături de materialele semiconductoare, un tip de substanțe cu structuri și proprietăți speciale care își găsesc o tot mai largă întrebuintare în dispozitivele electronooptice. Aceste substanțe, cunoscute sub denumirea de cristale lichide, prezintă stări de agregare intermediare (mezofaze) între starea lichidă izotropă și starea solidă cristalină. Trebuie menționat că, pentru aceeași substanță mezomorfă, starea lichidă, starea de mezofază și starea solidă sînt definite în intervale de temperatură bine delimitate.

Din punctul de vedere al structurii chimice, cristalele lichide sînt formate din compuși organici aromatici în care ciclurile benzenice sînt legate cu catene rigide.

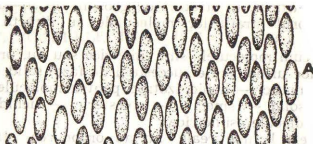
În general, după modul de obținere, cristalele lichide se pot clasifica astfel: termotrope și liotrope. Cristalele lichide termotrope se obțin prin încălzire, iar cristalele lichide liotrope se obțin prin folosirea unor solvenți cu molecule polare.

În funcție de ordonarea moleculară existentă, cele două clase mari de cristale lichide se pot subdiviza în continuare. Astfel, pentru cristalele lichide termotrope, distingem mai multe stări fizice: starea nematică, starea smectică și starea colesterică.

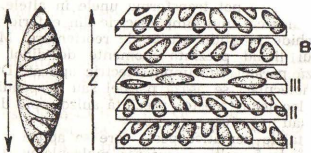
Moleculele cristalelor lichide au o formă alungită și respectă un principiu general de orientare paralelă a axelor longitudinale, orientare care este mai mult sau mai puțin completă. Direcția preferențială a acestei orientări poate fi exprimată printr-un vector unitate $\vec{n}$, denumit vector director. Consecința cea mai importantă a unei asemenea ordonări este puternica anizotropie pe care o prezintă cristalele lichide în mai multe din proprietățile lor: permitivitatea electrică, susceptibilitatea magnetică, conductibilitatea electrică, viscozitatea etc.

În cazul cristalelor nematice, moleculele au poziții aleatorii, păstrînd însă orientări paralele una în raport cu cealaltă după axele lor mari (fig. 3.3 a). Datorită acestei dispunerii moleculare, cristalele lichide nematice prezintă o puternică birefringență optică, de circa 10 ori mai mare decît la cuarț.

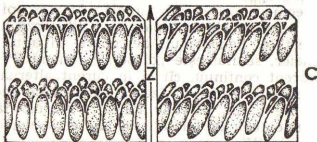
Cristalele lichide colesterice au o structură asemănătoare cu cele nematice. Avînd însă unul sau mai mulți atomi de carbon asimetrici, moleculele cristalului colesteric au o dispunere torsionată în raport cu starea nematică (fig. 3.3 b). Această torsionare determină o structurare de tip elicoidal, pasul eliciei fiind relativ mare (6000 Å) în raport cu dimensiunile moleculare. O asemenea configurație determină o putere rotatorie a planului de polarizare a luminii cu trei ordine de mărime mai mare față de puterea rotatorie a cuarțului. De asemenea, structura periodică a colestericelor implică reflexia selectivă a luminii. În felul acesta, un colesteric iluminat cu lumină albă apare colorat, culoarea fiind în funcție de



STRUCTURA CRISTALELOR NEMATICE



STRUCTURA CRISTALELOR COLESTERICE



STRUCTURA CRISTALELOR SMECTICE

Fig. 3.3 — Structura cristalelor lichide.

unghiul de observație și de pasul elicei. Pasul elicei se poate modifica ușor în raport cu condițiile fizice (presiune, temperatură, câmp electric și magnetic), fapt care asigură colectorilor o largă întrebuințare ca traductori.

Cristalele lichide smectice au structura cea mai ordonată fiind mai apropiată de starea solidă. Moleculele se

așază stratificat, în straturi de grosimi de 20—30 Å, iar în interiorul straturilor moleculele au direcții privilegiate (fig. 3.3 c).

După cum moleculele sînt simetrice sau nu, prin încălzire au loc următoarele succesiuni de faze: solid — smectic — nematic — lichid izotrop pentru moleculele simetrice și solid — smectic — colectic — lichid izotrop pentru moleculele asimetrice.

Cristalele lichide reale nu au ordonarea structurală perfectă ca cele descrise mai sus, ci prezintă, ca și solidele cristaline reale, defecte. Sub acțiunea unor forțe exterioare, aceste defecte devin mobile și pot interacționa între ele sau se pot transforma unele în altele.

Prin aplicarea unui cîmp electric din exterior, în cristalele lichide se obțin efecte de reorientare. Moleculele cristalului lichid prezintă momente de dipol, care se orientează paralel cu cîmpul electric aplicat. După cum dipolii moleculari se așază paralel sau perpendicular cu axele moleculelor, acestea prezintă anizotropie dielectrică pozitivă sau negativă.

În cristalele nematice peste care se aplică o tensiune mai mică de 5 volți, orientarea moleculelor se face în direcția cîmpului, cristalul rămînd omogen și transparent. La valori ale tensiunii mai mari de 5 volți, în cristalul nematic apar numeroase defecte, ceea ce are ca urmare neomogenizarea substanțelor. Macroscopic, cristalul lichid nu mai este transparent și difuzează lumina în toate direcțiile. Fenomenul, descoperit în anul 1968 de G. Heilmeyer, se numește „dispersie dinamică” și apare atît în curent continuu, cît și în curent alternativ. Dispersia dinamică, care opacizează substanțele mezofazice în funcție de cîmpul electric aplicat, este folosită la realizarea elementelor de tele-afișare și a ecranelor cu transparență variabilă.

DESCĂRCĂRI ELECTRICE ÎN GAZE

4.1. Teoria avalanșelor. Teoria avalanșelor încearcă să explice desfășurarea procesului de descărcare în gaze prin ionizările succesive produse de electronii accelerați în câmpul electric. Deși admite multe simplificări, teoria permite cunoașterea mecanismului de producere a descărcării în gama presiunilor relativ joase.

Să considerăm că între doi electrozi, catod K și anod A, situați la distanța d , se aplică o tensiune continuă $U = E \cdot d$ (fig. 4.1). Inițial, la catod se află un număr n_0 de electroni liberi. Datorită accelerării în câmpul electric, fiecare din cei n_0 electroni va conduce la ionizări. Electronii rezultați din procesele de ionizare și electronii inițiali sînt din nou accelerați în câmp. Se produc noi ionizări, procesul desfășurîndu-se în avalanșă, astfel încît în dreptul planului de referință P , situat la distanța x de catod, vor fi n purtători de sarcină, iar în dreptul planului P' , aflat la

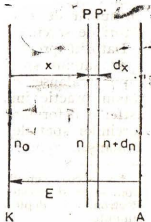


Fig. 4.1 — Schema pentru explicarea formării avalanșelor.

distanța $x + dx$ de catod, vor fi $n + dn$ purtători de sarcină. Creșterea numărului purtătorilor de sarcină, în intervalul dintre planurile de referință P și P' , se datorează ionizărilor produse de cei n purtători de sarcină pe distanța dx . Dacă se consideră numai ionizările produse de electronii accelerați în câmp, rezultă:

$$dn = n\alpha dx, \quad (4.1)$$

în care α este coeficientul de ionizare*.

Integrând relația dintre limitele $n_0 - n$, respectiv $0 - x$, se obține:

$$\int_{n_0}^n \frac{dn}{n} = \int_0^x \alpha dx \quad \text{sau} \quad n = n_0 e^{\alpha x}. \quad (4.2)$$

Relația (4.2) este valabilă numai dacă nu se ia în considerație fenomenul de atașare a electronilor la particulele neutre.

Dacă se notează cu η coeficientul de atașare a electronilor la particulele neutre, numărul electronilor activi este dat de relația

$$n = n_0 e^{(\alpha - \eta)x}. \quad (4.3)$$

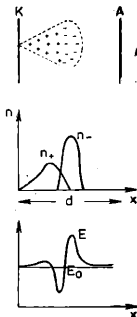
Pentru o dezvoltare de avalanșă, este necesar ca în zona respectivă să fie îndeplinită condiția $\alpha > \eta$ (cei doi coeficienți depinzând de câmp, avalanșa nu se poate dezvolta decât dacă se depășește o valoare anumită E_{min} ; pentru aer în condiții normale E_{min} are valoarea de 30 kV/cm).

Se constată, din relația (4.2), că dacă de la catod pleacă un număr de n_0 electroni, vor ajunge la anod $n_0 e^{\alpha d}$ purtători de sarcină.

Datorită producerii avalanșei, în spațiul dintre electrozi apar sarcini spațiale: electroni de mobilitate mare în capul avalanșei și ioni pozitivi de mobilitate redusă, care rămân practic imobili, în spațiul dintre electrozi. Apare astfel o deformare a câmpului electric inițial E_0 (în lipsa sarcinilor spațiale): câmpul este întărit în zona din capul avalanșei, apoi redus în zona următoare și din nou se

* α — coeficientul ionizării moleculelor neutre de către electroni — se definește ca fiind numărul de ionizări produse de un electron, prin deplasarea sa pe unitatea de lungime, în direcția câmpului.

Fig. 4.2 — Modificarea cîmpului electric inițial dintre electrozi de către sarcinile spațiale.



constată o creștere a cîmpului în spatele avalanșei (fig. 4.2).

4.2. Condiția de autonomie a descărcării. Pentru dezvoltarea avalanșei între doi electrozi este necesară existența a cel puțin unui electron liber. În spațiul dintre electrozi, ca urmare a dezvoltării avalanșei, apar sarcini electrice, care sînt transportate la electrozii de semn opus și neutralizate. Astfel, descărcarea încetează.

Pentru a se determina condiția de autonomie a descărcării vom analiza, pe etape, desfășurarea fenomenului.

Dacă la catod sînt n_0 electroni liberi, la anod, în urma producerii ionizărilor, vor ajunge $n_0 e^{\alpha d}$ electroni, unde α este coeficientul de ionizare și d — distanța dintre electrozi. Astfel, în această primă etapă, în spațiul dintre electrozi vor fi un număr de $-n_0 + n_0 e^{\alpha d} = n_0(e^{\alpha d} - 1)$ electroni (respectiv ioni pozitivi), deci sarcini nou formate.

Ionii pozitivi formați în spațiul dintre electrozi se deplasează către catod și conduc, prin bombardarea acestuia, la formarea a $\gamma n_0(e^{\alpha d} - 1)$ electroni (γ este coeficientul de ionizare superficială*). Astfel, sînt create condițiile de dezvoltare în continuare a procesului de descărcare.

* γ se definește ca fiind numărul de electroni eliberați de catod, prin bombardarea acestuia cu un ion pozitiv.

La anod ajunge un număr n_A electroni dat de relația:

$$n_A = \frac{n_0 e^{ad}}{1 - \gamma(e^{ad} - 1)}. \quad (4.4)$$

Expresia are sens numai dacă

$$1 - \gamma(e^{ad} - 1) > 0. \quad (4.5)$$

Rezultă condiția de autonomie a descărcării:

$$\gamma(e^{ad} - 1) \geq 1. \quad (4.6)$$

Expresia (4.6) are o semnificație fizică foarte clară deoarece $(e^{ad} - 1)$ reprezintă numărul de ioni pozitivi care s-au format în intervalul d datorită plecării de la catod a unui singur electron, iar $\gamma(e^{ad} - 1)$, numărul de electroni eliberați de acești ioni pe catod. Egalitatea $\gamma(e^{ad} - 1) = 1$ înseamnă că ionii pozitivi, care s-au format ca rezultat al plecării de la catod a unui electron, au eliberat de asemenea un electron de la catod.

Condiția de autonomie exprimă deci necesitatea ca fiecare electron, care pleacă de la catod, în procesul descărcării să conducă la apariția la catod a cel puțin unui electron.

În aceste condiții, descărcarea se va menține cu o intensitate constantă și în absența ionizatorului extern.

Teoria avalanșelor formulată de Townsend este prima teorie cantitativă a descărcărilor electrice în gaze, permițând explicarea trecerii de la procesul dependent de prezența unui ionizator extern la procesul independent și stabilirea condițiilor de autonomie a descărcării.

Ca exemple de descărcări independente se pot da descărcarea luminescentă, fenomenul corona, arcul, scînteia electrică.

În cazul cîmpului uniform, descărcarea autonomă sau independentă înseamnă străpungerea gazului dintre electrozi.

Tensiunea la care are loc producerea descărcării independente și care conduce la străpungerea gazului se numește tensiune de descărcare.

O concluzie importantă a teoriei lui Townsend este că tensiunea de descărcare este o funcție de produsul: $p \cdot d$:

$$U_d = f(pd), \quad (4.7)$$

în care p reprezintă presiunea gazului, iar d — distanța dintre electrozi. Relația precedentă a fost stabilită mai întâi empiric, pe baza unor date cu caracter experimental, de Paschen, și apoi confirmată de teoria lui Townsend. Teoria avalanșelor prezintă însă o serie de insuficiențe în explicarea procesului descărcării, printre care:

a) Viteza de dezvoltare a descărcării, calculată pe baza teoriei lui Townsend este mult mai mică decât aceea determinată experimental;

b) Experiența a dovedit importanța fenomenelor de fotoionizare de volum, ignorată de teoria lui Townsend;

c) Forma neregulată și ramificată a descărcărilor este greu de pus în concordanță cu teoria lui Townsend.

Astfel a devenit necesară formularea unei teorii care să corespundă mai bine datelor furnizate de experiență.

4.3. Teoria strimerilor. Teoria strimerilor reușește să explice mult mai bine mecanismul de producere a descărcării (*streamer* în limba engleză înseamnă flamură, fascicul); ea a fost propusă de Meek și Raether, independent unul de altul, în 1940, și elaborată de Loeb, Meek și Raether.

În conformitate cu această teorie, multiplicarea ionilor în spațiul dintre electrozi se datorește ionizării de volum a gazului prin ciocniri electronice și fotoionizări; în cadrul teoriei strimerilor se ia în considerație și efectul sarcinii spațiale.

Așa după cum s-a arătat (fig. 4.2), apariția unei avalanșe în spațiul dintre electrozi conduce la o puternică deformare a câmpului electric, în zona din capul avalanșei apărind un câmp intens. În această zonă de intensificare a câmpului, intensitatea ionizării crește mult, ceea ce conduce la o mărire rapidă a numărului de purtători de sarcină în avalanșă (coeficientul de ionizare α depinde de intensitatea câmpului electric). În zona de câmp slab din spatele avalanșei apar premisele formării unei plasmă electronice bune conducătoare de electricitate.

Intr-adevăr, electronii care ajung în zona de intensitate redusă a câmpului electric își reduc viteza și se alipesc particulelor neutre, formând ioni negativi practic imobili, care împreună cu ioni pozitivi existenți în avalanșă conduc la apariția canalului de plasmă.

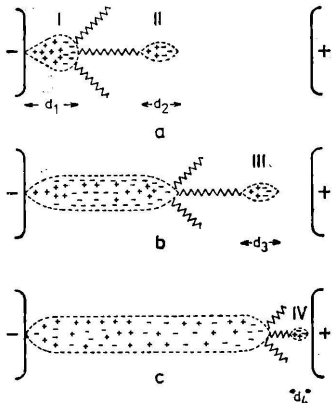


Fig. 4.3 — Formarea strimerului negativ.

Datorită energiei mari a electronilor accelerați în câmpul intens din capul avalanșei, sînt posibile excitări în straturile profunde ale atomului și la revenire, emiterea unor fotoni de mare energie. Fotonii se propagă în toate direcțiile și prin fotoionizări spațiale vor duce la formarea de noi electroni, numiți fotoelectroni. Aceștia vor conduce la apariția în spațiul dintre electrozi a unei noi avalanșe (fig. 4.3).

Să urmărim fenomenele care au loc pe drumul preferențial (drumul de câmp maxim).

Ca urmare a deformării câmpului electric de către avalanșele (I și II) formate (fig. 4.3 a), electronii din capul primei avalanșe (I) își reduc viteza și se alipesc particulelor neutre dînd naștere ionilor negativi. Ionii pozitivi din coada celei de-a doua avalanșe (II), în deplasarea lor către catod, creează împreună cu ionii negativi un canal

de plasmă (strimer). După ce a doua avalanșă (II) se dezvoltă pe o distanță d_2 ($d_2 < d_1$), în capul avalanșei — datorită deformării cîmpului de către sarcinile proprii și de către canalul de plasmă — apar condițiile energetice (o puternică intensificare a ionizărilor) care fac posibilă emiterăa unor fotoni capabili de ionizare spațială. Acești fotoni vor conduce la apariția în spațiu a cel puțin unui fotoelectron care va permite dezvoltarea unei a treia avalanșe (III) (fig. 4.3b). Ca și în etapa precedentă, în spatele acestei avalanșe începe să se umple canalul format cu ioni pozitivi și negativi. Astfel, canalul de plasmă se dezvoltă de la catod spre anod (strimer negativ).

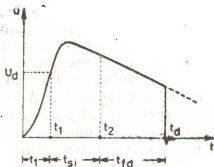
În cazul în care viteza de variație a tensiunii este redusă, descărcarea se produce sub formă de strimer pozitiv.

Avalanșa inițială se produce pînă la electrodul opus, unde are loc neutralizarea electronilor (din capul avalanșei).

Existența sarcinilor pozitive în spațiul dintre electrozi conduce la deformarea cîmpului, în sensul că în apropierea anodului are loc o puternică reducere a cîmpului și o intensificare a acestuia în restul spațiului. În zona în care intensificarea cîmpului este maximă apar condițiile energetice pentru emiterăa unor fotoni capabili să ionizeze spațial. Acești fotoni vor determina apariția unor fotoelectroni, care vor iniția dezvoltarea avalanșelor. Electronii din capul acestor avalanșe, în drumul lor către anod, ajungînd în zona de cîmp redus, se atașează particulelor neutre și devin ioni negativi. Astfel, în apropierea anodului începe să se dezvolte un canal cu plasmă.

Existența canalului de plasmă duce la intensificarea cîmpului și deci la realizarea condițiilor energetice necesare producerii de noi fotoni capabili de ionizare. Acești fotoni vor conduce la producerea de noi fotoelectroni, care la rîndul lor vor iniția dezvoltarea de noi avalanșe. Ca și în etapa anterioară, electronii din capul avalanșelor, în deplasarea lor către zona de cîmp slab a canalului de plasmă, devin ioni negativi. Canalul de plasmă avansează în direcția catodului. Datorită direcției de dezvoltare, canalul de plasmă astfel format se numește strimer pozitiv.

Fig. 4.4 — Impulsul de tensiune
— timpii de întârziere.



4.4. Străpungerea intervalului electroizolant dintre electrozi la aplicarea unui impuls de tensiune. Dacă între doi electrozi se aplică un impuls de tensiune (fig. 4.4), la momentul t_1 corespunzător tensiunii U_a , este îndeplinită condiția de autonomie a descărcării. Deși în acest moment t_1 este îndeplinită condiția de autonomie, descărcarea poate să nu înceapă, deoarece este necesar să existe în spațiu un electron efectiv — adică un electron capabil de ionizare și care să ducă la dezvoltarea unei avalanșe.

Apariția acestui prim electron capabil de ionizare este un fenomen aleatoriu, astfel încît momentul t_2 la care începe efectiv procesul de descărcare are o valoare cu un pronunțat caracter statistic. Intervalul de timp $t_{si} = t_2 - t_1$ este definit ca fiind timpul statistic de întârziere, deoarece el reprezintă intervalul de timp dintre momentul în care între electrozi este îndeplinită condiția de autonomie a descărcării și momentul în care apare primul electron efectiv (capabil de ionizare). Începînd din momentul t_2 se dezvoltă procesul care duce la descărcarea între electrozi, fenomen care va avea loc la momentul t_d .

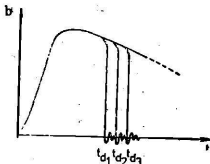
Intervalul de timp $t_{fd} = t_d - t_2$ se definește ca fiind timpul de producere a descărcării și are trei componente :

$$t_{fd} = t_a + t_s + t_{ap}. \quad (4.8)$$

— Timpul t_a (timpul avalanșei) reprezintă durata de dezvoltare a avalanșei (corespunde distanței d_1 din fig. 4.3 a);

— Timpul t_s (timpul strimerului) corespunde timpului în care strimerul ajunge la electrodul opus (timpul în care între cei doi electrozi se formează canalul de plasmă);

Fig. 4.5 — Caracterul statistic al descărcării.



— Timpul t_{dp} (timpul descărcării principale) corespunde duratei de dezvoltare pe canalul de plasmă a descărcării principale.

Datorită vitezei mari de propagare a descărcării principale, t_{dp} este neglijabil în raport cu ceilalți termeni.

Timpul de producere a descărcării, t_{df} prezintă, ca și timpul statistic de întârziere, un puternic caracter statistic, determinat în special de următoarele considerente:

— Dezvoltarea strimerului este determinată de apariția în spațiu a unui mare număr de avalanșe. Apariția fiecărei avalanșe impune existența unui electron efectiv (capabil de ionizare), fenomen cu un pronunțat caracter aleatoriu. Totuși acest timp este mult mai mic decât timpul statistic de întârziere, avînd în vedere că avalanșele secundare apar în condiții în care în spațiu au avut loc fenomene de ionizare și deci cîmpul electric prezintă deformări apreciabile și datorită revenirilor în starea inițială are loc o intensă apariție a cuantelor de lumină;

— Locul de apariție în spațiu a fotoelectronilor care dau naștere avalanșelor secundare prezintă un fenomen aleatoriu.

Datorită caracterului statistic pe care îl prezintă componentele timpului t_d , rezultă că aplicînd unui interval izolant impulsuri de tensiune de aceeași amplitudine și formă, momentul descărcării va diferi la fiecare încercare (fig. 4.5).

4.5. Descărcarea corona. Descărcarea corona este o descărcare autonomă, incompletă, caracteristică cîmpurilor puternic neuniforme. Descărcarea începe la electrodul de rază de curbura mare în momentul în care, la acest elec-

trod, este indeplinită condiția de autonomie a descărcării. Datorită scăderii rapide a intensității cîmpului electric, strimerul care se dezvoltă de la acest electrod nu ajunge la electrodul opus și astfel descărcarea se limitează la o zonă redusă în jurul electrodului de curbura mare.

În condițiile normale ale aerului atmosferic, valoarea critică a cîmpului (valoare corespunzător căreia apare descărcarea corona) este de ordinul 30 kV/cm.

Pentru un conductor de polaritate negativă, avalanșa se dezvoltă de la conductor către exterior și se oprește la o anumită distanță, bine definită, unde cîmpul nu are valoare suficientă de a asigura efectul multiplicator (26 kV/cm).

Pentru un conductor de polaritate pozitivă, avalanșele se inițiază în spațiul înconjurător și se dezvoltă către conductor. Electronii sînt captați de conductor, lăsînd în urma lor un nor de ioni pozitivi, mult mai puțin mobili; fenomenul se produce ca și cum conductorul ar fi prelungit de un vîrf pozitiv, care permite formarea unei noi avalanșe puțin în avans în spațiu față de precedentă.

Pentru determinarea cîmpului critic (cîmpul de apariție a descărcării corona) pentru un conductor cilindric, se utilizează în general formula lui Peek:

$$E_c = 31 \cdot \delta \cdot \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{\delta r}} \right), \quad (4.9)$$

în care: E_c (kV/cm) este valoarea de vîrf a cîmpului critic (în cîrrent alternativ); r (cm) — raza conductorului;

$\delta = \frac{3,92p}{273+t}$ — densitatea relativă a aerului; p — presiunea;

t — temperatura; ($\delta = 1$ pentru $p = 76$ cm Hg și $t = 25^\circ\text{C}$).

Starea suprafeței conductorului prezintă o mare importanță; relația precedentă nu se verifică decît pentru suprafețele perfect netede.

La aplicarea unei tensiuni alternative, a cărei valoare se crește progresiv, apar succesiv următoarele etape ale descărcării corona:

a) descărcarea corona localizată în puncte izolate ale electrodului, unde se depășește valoarea critică a cîmpului electric pentru tensiuni relativ mici;

b) descărcarea corona generalizată pe întreaga suprafață a electrodului aflat sub tensiune, datorită depășirii valorii critice pentru configurația analizată;

c) predescărcarea corespunzătoare unei valori a tensiunii aplicate apropiată de tensiunea de descărcare între electrozi.

Fenomenele specifice descărcării corona apar frecvent când se utilizează metodele electrografice prin electroluminescență. Astfel, în tehnica Kirlian imaginile obținute sînt determinate de descărcări de tip corona care au o morfologie și o caracteristică cromatică ce pot fi corelate cu proprietăți electrice și neelectrice ale structurii investigate.

FOTOGRAFIA KIRLIAN

Metoda fotografiei prin intermediul curenților de înaltă frecvență sau tehnica Kirlian reprezintă una din metodele electrografice de explorare a structurilor vii care se bazează în esență pe fenomenele de electroluminescență produse de descărcările electrice în gaze. Această tehnică electrografică se deosebește de metodele electronografice prin parametrii curentului electric explorator și prin mecanismele care generează, în cursul explorării, imaginile obiectelor investigate.

Fotografia în înaltă frecvență este realizată cu ajutorul unui montaj compus dintr-o sursă de înaltă tensiune și înaltă frecvență, un dispozitiv de expunere și dispozitive de vizualizare și înregistrare a imaginii.

Caracteristic pentru tehnica Kirlian este utilizarea unor trenuri de unde cu frecvențe în gama sute de kHz pînă la MHz și cu amplitudinea cuprinsă între 20 și 100 kV.

În funcție de natura structurii investigate, precum și de scopul urmărit, dispunerea obiectului explorat se realizează în principal printr-una din următoarele posibilități:

1. Un electrod metalic cu o protecție dielectrică, conectat la sursă iar obiectul este legat virtual de pământ;

2. Obiectul este plasat printr-un spațiu dielectric (aer) între electrozi conectați la sursă.

Căile concrete prin care se realizează expunerea sînt variante ale acestor două modalități. De asemenea, sînt folosite dispozitive de expunere cu electrozi transparenți.

Un factor important în tehnica Kirlian este corelația dintre spațiul dielectric din dispozitivul de expunere și amplitudinea undelor generate de sursa de înaltă ten-

siune și frecvență. Distanța critică dintre plăcile electrod și obiectul investigat are o toleranță minimă de 5—10 μ .

Inregistrarea imaginilor obținute prin această tehnică se face pe film alb-negru sau color (foto 1). De asemenea, tehnica de vizualizare și înregistrare a imaginii poate fi perfecționată prin adoptarea unor dispozitive electro-optice.

Riscurile mari legate de tehnică limitează posibilitățile ei de explorare a organismului uman. De aceea, imensa majoritate a imaginilor obținute prin tehnica Kirlian și publicate sint imagini obținute pe degete, rareori pe palme sau pe regiuni plantare, exceptându-se regiunile corpului care pot afecta organe cu activitate vitală, ca: inima, creierul, ficatul etc.

Eficiența tehnicii Kirlian depinde, de asemenea, de variațiile umidității și presiunii atmosferice, precum și de temperatură. Alături de acești factori trebuie adăugată și dependența de compoziția chimică și de concentrațiile ionice ale aerului din încălta în care se efectuează înregistrările (de exemplu, morfologia și cromatica descărcărilor depind de concentrațiile ionilor electronegativi) (foto 2).

O ipoteză privind explicarea imaginilor obținute prin tehnica Kirlian este ipoteza „bioplasmei“, a lui V. M. Iniușin. După acest autor, un flux de particule subatomice (care constituie bioplasma) intră și iese din țesutul viu provocând, în condițiile tehnicii Kirlian, impresiunea emulsiei fotografice.

În ultimii ani s-au inițiat în diferite țări o serie de cercetări privind posibilitățile oferite de tehnica Kirlian pentru investigațiile biologice și medicale.

Ca și celelalte tehnici electrografice, prin fotografia în înaltă frecvență pot fi explorate proprietățile electrice și neelectrice ale structurilor vii, determinate, la rândul lor, de starea funcțională a acestor structuri. În acest scop, cercetările sint dirijate spre corelarea stărilor morfofiziologice ale structurilor biologice investigate prin această tehnică cu aspectele relevate de imaginile obținute.

Folosind fotografia în înaltă frecvență s-au evidențiat modificări ale stărilor fiziologice ale plantelor. Aceste modificări apar pe imagini prin diferențe de luminozitate și extindere a descărcărilor. Pe fotografii obținute

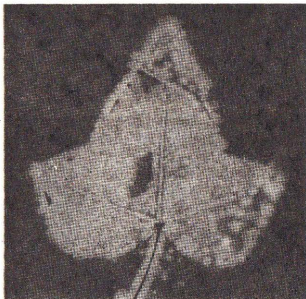


Fig. 5.1 — Imagine de frunză cu „efect fantomă”.

la intervale de timp se poate urmări, de exemplu, trecerea unei frunze în stare letală.

Un efect interesant comunicat prima dată de cercetătorii sovietici este așa-numitul efect al „frunzei fantomă” (fig. 5.1). Dacă o porțiune relativ mică a unei frunze este tăiată și îndepărtată, pe fotografia Kirlian obținută prin expunerea frunzei apare întreaga frunză. Pentru explicarea acestui efect au fost propuse, alături de argumente științifice, și interpretări fără un riguros suport științific. Efectul „frunzei fantomă” poate fi explicat pe considerente strict biofizice.

Dacă o mică porțiune a unei frunze proaspete este îndepărtată, stomatele se vor închide pentru a preveni pierderea de apă. Așezind frunza în dispozitivul de expunere și presînd-o pe unul din electrozi, un număr de picături microscopice de apă vor fi expulzate pe o distanță de cîțiva milimetri. Aceste picături microscopice de apă devin, în momentul aplicării unui voltaj corespunzător, centre de amorsare pentru descărcări pe imagine, apărînd luminoasă și porțiunea decupată a frunzei.

Cele mai intense cercetări privind aplicațiile tehnicii Kirlian sînt acelea din domeniul medical.

După cum s-a menționat mai sus, fenomenele de electroluminescență în mediul aerian au rolul esențial în producerea imaginii în fotografia Kirlian. Neomogenități electrice de la suprafața sau din vecinătatea obiectului expus în câmpul generat de sursă se transpun în imagini prin descărcări luminescente realizate în mediul de aer ionizat datorită curentului de foarte înaltă tensiune.

Datorită trenurilor de impulsuri repetate, apare un efect de sumă, descărcările marginale fiind aureolate, nediferențiindu-se detaliile fundamentale. Metoda electro-nografică a precizat că aura obținută prin efectul Kirlian reprezintă o sumare aleatoare a unui număr mare de imagini fundamentale care generează efectul pelicular, cu polarități diferite. Astfel, prin impulsuri numeroase, imaginile bine definite obținute prin tehnica electronografică se contopesc într-o zonă aureolară neomogenă și în același timp multe din detaliile din interiorul organismului se contopesc și se șterg (fig. 5.2).

Canalele particulare de descărcare se realizează prin mecanismele de producere a strimerilor. Câmpul aplicat de sursă produce o accelerare a electronilor din spațiul dielectric reprezentat de aer. Când tensiunea aplicată și intervalul spațial sînt corespunzătoare, „ciorchinele” de ioni pozitivi creați, de avalanșa de electroni capătă o densitate de sarcină critică la care câmpul său electrostatic este îndeajuns de mare pentru a atrage un număr suficient de electroni. Aceste recombinații ion pozitiv-electron generează emisia de radiație electromagnetică ce impresionează emulsia fotosensibilă. Pentru aer, ca gaz de descărcare, lumina vizibilă provine din recombinarea ionilor de azot cu electronii, generîndu-se fotoni în gama albastru-ultraviolet.

Canalele de descărcare sînt inițiate mai ales de formele protuberante ale electrozilor (dintre care unul poate fi însuși obiectul expus investigației) datorită intensificării câmpului electric prin efect de punct.

După S. D. Kirlian, Valentina Kh. Kirlian și V. Adamenko, emisia autoionică și autoelectronică poate afecta emisia fotografică într-o manieră analoagă radiației electromagnetice.

Geometria, culoarea și dinamica imaginii sînt dependente de obiect. Dacă un obiect inanimat prezintă neomogenități dielectrice și de conductanță electrică, atunci

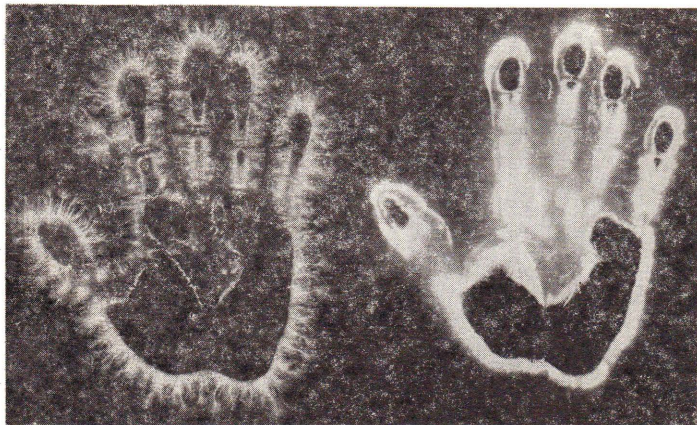


Fig. 5.2 — Imagine electronografică comparativ cu imaginea obținută prin electronografii seriate (originală).

densitatea și distribuția canalelor de descărcare sînt determinate de aceste neomogenități de structură. Dacă obiectul are o structură omogenă și proprietăți electrice omogene izotrope, atunci pe film apare numai conformația topografică a obiectului respectiv.

Structura electrică a unui organism viu nu este absolut constantă în timp, ci dinamică în funcție de procesele ce îi asigură existența biologică. Această dinamică vitală, transpusă într-un comportament electric, determină diferențele de morfologie ale imaginilor succesive pentru aceeași structură explorată prin tehnica Kirlian.

Curenții de înaltă și foarte înaltă frecvență utilizați în tehnica Kirlian tind să traverseze în principal suprafața exterioară a volum-conductorului biologic (*skin effect*). În general, curenții de înaltă frecvență au un efect fiziologic relativ scăzut, exceptînd cazul în care puterea disipată în țesut devine suficient de mare pentru a produce o încălzire excesivă sau cazul în care efectele secundare ale luminescenței cauzează deshidratări, arsuri sau alte perturbații.

Pentru investigații de ordin medical, înregistrările prin tehnica Kirlian se fac de obicei pe pulpa degetului mare, din motive de comoditate experimentală și de prevenire a unor accidente legate de manipularea surselor de foarte înaltă tensiune. De asemenea, este importantă structura anatomică a învelișului cutanat în cadrul căruia epidermul are un rol de protecție electrică. Acest strat are, de asemenea, și un rol de manta de protecție mecanică.

Pentru explorările Kirlian este important stratul dermic care conține vase de sînge și limfatice, glande sudoripare, mușchi și fibre nervoase. Glandele sudoripare apocrine din derm sînt mai dezvoltate la femeile mature decît la bărbați, la fetele tinere și la femeile cu vîrstă înaintată.

Fiziologia sudorației este determinată de diferitele reacții ale organismului. Există, astfel, mai multe tipuri de sudorație:

- sudorația termică, pe întreaga suprafață a corpului;
- sudorația determinată de stările emoționale, produsă în special pe palme și plante și în axilă;
- sudorația apocrină, distribuită în axile, în regiunea pubică.

Imaginile obținute prin tehnica Kirlian au fost corelate cu stările psihofiziologice și patologice ale subiecților investigați. Modificările observate în diferite situații funcționale ale subiecților pot fi atribuite activității dermale care reflectă dinamica internă a organismului.

Într-o stare de relaxare glandele sudoripare secretă numai parțial (Kuno). Ca rezultat, fotografia Kirlian prezintă o corona parțială. În timpul unui stres emoțional influxurile nervoase provoacă reducerea bruscă sau accentuată a activității secretorii. În acest fel se reduc centrii de amorsare a descărcărilor iar imaginea prezintă o corona foarte redusă și puțin luminoasă. Dimpotrivă, în stările emoționale nestresante crește activitatea secretorie sudorifică, precum și concentrația de NaCl a sudorii. Ca rezultat, mai mulți ioni au șansa de a se recombina cu electroni, generându-se în acest fel mai mulți fotoni care impresionează placa fotografică; luminozitatea coronei crește.

Cițiva dintre factorii de stres care produc hipohidroză parțială, inhibind luminozitatea coronei, sînt: încordarea, teama, repulsia, animozitatea, aversiunea, durerea viscerală. Factorii care produc hiperhidroza, și deci o intensificare a luminozității coronei, sînt: efortul mental, bucuria, stimularea, anxietatea, durerea etc.

Un alt factor, pus în evidență de L. W. Konikiewicz, de care depinde imaginea Kirlian este aciditatea pielii, respectiv valoarea pH-ului. Aciditatea pielii joacă un rol important în conducția fluxului electronic spre punctele de evaporatie sudorală. În fotografiile obținute în înaltă frecvență pe degete tamponate cu soluții de pH-uri diferite se observă o diminuare a coronei cu creșterea valorii pH-ului (fig. 5.3). Țesuturile umane prelevate chirurgical prezintă o corona intens luminoasă, în timp ce țesuturile prelevate de la cadavre produc o corona foarte redusă. Diminuarea coronei se datorește creșterii pH-ului, aceasta fiind determinată de descompunerile chimice.

Cromatică imaginilor Kirlian poate furniza, de asemenea, indicații privind activitatea fiziologică a secreției sudorale. O salinitate ridicată a sudorii determină descărcări corona în lumină galben-oranj caracteristică pentru liniile spectrale în vizibil ale sodiului și compuşilor săi. O scădere anormală a concentrației de potasiu în sudoare produce spoturi roșu-oranj.

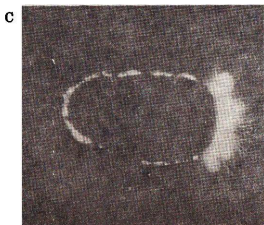
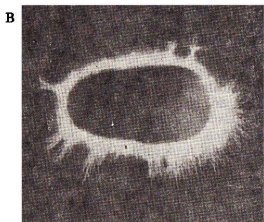
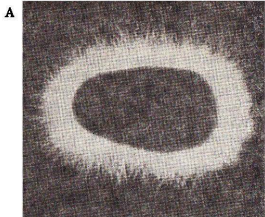


Fig. 5.3 — Fotografii Kirlian în care se observă influența pH-ului:
 A — pH = 6; B — pH = 7,5; C — pH = 8.

L. W. Konikiewicz a studiat relația dintre electrografia Kirlian și ciclul menstrual. Autorul consideră că este posibilă o corelație între imaginea coronei pe deget și fazele menstruale, corelație atribuită cuantificării secreției de NaCl a sudorii în funcție de fazele menstruale.

Același autor a efectuat investigații prin electrografie Kirlian pe degete la pacienți cu fibrocistoză. Imaginile astfel obținute prezintă corone cu morfologii anormale în funcție de salinitatea sudorii și de vîrsta pacientului. Aceste modificări specifice par a fi determinate de anumite anomalii structurale ale glandelor sudoripare și ale sistemului capilar la pacienții cu fibrocistoză.

Diferiți cercetători au căutat să folosească tehnica Kirlian pentru a evidenția punctele de pe învelișul cutanat folosite în acupunctura tradițională chineză. Cu ajutorul acestei tehnici a fost semnalată apariția pe suprafața pielii a unor puncte și canale pe care autorii le consideră corespondente punctelor electrodermale și meridianelor acestora. La vizualizarea directă ele apar ca niște puncte care pîlpii și se sting periodic și sînt imobile sau se deplasează, avînd culori diferite de la galben la albastru-închis, dar cercetările de electronografie arată că ele nu sînt caracteristice punctelor active, apărînd în funcție de conductivitatea electrică a țesutului. Nu au fost publicate pînă la această dată fotografii Kirlian semnificative reprezentînd punctele electrodermice, aspectele prezentate au fost descrise de autori numai prin vizualizare directă.

Dezavantajul fotografiei în curent de înaltă frecvență constă în mixarea și suprapunerea imaginilor fundamentale, în funcție de numărul de unde folosit. Așa se explică de ce prin utilizarea unui astfel de regim al curentului explorator punctele electrodermice se estompează și dispar pe măsură ce numărul de unde utilizat este mai mare. Așa se explică și apariția multdiscutatei „aure” care constituie un artefact generat de această tehnică.

În contextul studiilor privind aplicațiile clinice ale fotografiei Kirlian s-au efectuat investigații și în domeniul cercetărilor de oncologie. Astfel, S. Mallikarjun afirmă că electrografiile Kirlian obținute pe degete la subiecți sănătoși prezintă în timp modificări ciclice, iar la pacienții cu cancer se păstrează o luminozitate intensă, nemodificată în timp.

R. S. Stepanov arată că există diferențe semnificative între imaginile în înaltă frecvență obținute pe celule canceroase și imaginile obținute prin aceeași tehnică pe celule normale. Autorul afirmă că prin metoda Kirlian se poate urmări nu numai extinderea metastazelor, ci și dinamica malignității.

Prin rafinarea tehnicii Kirlian, incluzînd în dispozitivul de investigare un laser de putere mică, V. M. Iniuşin a dezvoltat o nouă metodă de analiză a stării fiziologice a pacienților cu astm bronșic sau hipertensiune arterială.

Cercetătorii sovietici au investigat, de asemenea, posibilitățile de aplicare a tehnicii Kirlian în domeniul agrobiologic. Astfel, prin utilizarea unui dispozitiv cu generator Tesla de înaltă frecvență s-a reușit reducerea de 30—40 de ori a timpului de analiză privind dozajul optim de iradiere gama a semințelor de cultură.

Partea a II-a

ELECTRONEOGRAFIA

ELECTRONOGRAFIA. PRINCIPII GENERALE

6.1. Definiție. Generalități. Electronografia este o metodă de explorare electrografică cu ajutorul fenomenului de electroluminescență în care imaginea este controlată printr-un sistem complex ce urmărește emisia de electroni, propagarea câmpului electromagnetic și conversia diferențiată a distribuției sale în energie luminoasă. Expunerea se face într-un câmp electromagnetic tranzitor realizat de un impuls unic de tensiune.

Primele imagini electronografice au fost realizate în anul 1975 (I. Fl. Dumitrescu, C. și N. Golovanov) și au fost obținute cu ajutorul unei instalații de foarte înaltă tensiune din cadrul laboratorului de tehnica tensiunilor înalte a Institutului Politehnic București.

Impulsul de polaritate unică a fost aplicat preparatului biologic, acoperit cu două straturi de film fotografic, izolate la rindul lor prin două plăci de sticlă de electrozi metalici. În felul acesta se realiza un condensator, în dielectricul căruia era introdus organismul investigat. Cu această tehnică simplă am reușit să obținem primele imagini semnificative din punct de vedere electric pentru structuri vegetale. S-a demonstrat astfel că electrografia prin electroluminescență este posibilă nu numai în condițiile aplicării unor impulsuri în regim de radiofrecvență, ca în cazul fotografiei Kirlian, ci și printr-un singur impuls de foarte înaltă tensiune cu o pantă ascendentă, sau descendentă, suficient de bruscă pentru a se imprima electronilor de suprafață o accelerare critică de ionizare. De asemenea, s-au obținut imagini cu calități net superioare fotografiei de tip Kirlian, chiar cu un singur impuls „funcție-treaptă” (fig. 6.1).



Fig. 6.1 — Imagine electronografică cu strimeri regulați negativi prin impuls unipolar treaptă (originală).

Cercetările ulterioare au demonstrat posibilitatea de control a imaginii prin modificarea parametrilor impulsului de foarte înaltă tensiune, elemente care au condus la tehnica controlului emisiei de electroni ce reprezintă prima caracteristică a metodei electronografice.

Tot în anul 1975 au fost realizate primele aparate de electronografie cu impuls unic (Dumitrescu cu concursul ing. C. Cojocar). Soluțiile simple de obținere a unui singur impuls de foarte înaltă tensiune care erau folosite în construcția acestor aparate au permis accesibilitatea largă a metodei în diferite domenii.

Dispozitivului de înregistrare de tipul condensatorului complet i s-a adăugat o folie intermediară fluorescentă

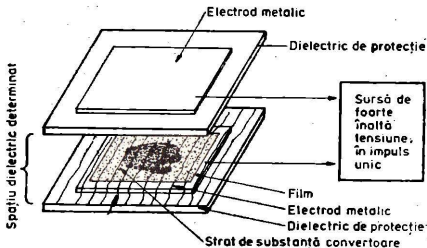


Fig. 6.2 — Schema unui dispozitiv electronografic de tipul condensatorului complet (originală).

integrată în stratul dielectric (fig. 6.2). Stratul de luminofor utilizat în acest scop avea o sensibilitate diferită, în funcție de energia particulelor incidente.

Paralel cu cercetările de electronografie realizate pe macrostructuri biologice am început o serie de cercetări cu scopul obținerii unor imagini de electroluminescență la nivel celular. Primele microelectronografii au fost obținute în luna iulie 1975 cu ajutorul unor pelicule fotografice obișnuite. Ulterior am utilizat emulsia de autofotografie nucleară ca senzor de lumină, metodă care ne-a furnizat rezultate mult superioare. Imaginile obținute cu ajutorul tehnicii electronografice au fost prezentate prima dată la Congresul Internațional al Societății Academice Mondiale de Acupunctură de la Montreal și printr-o Conferință ținută la Institutul Internațional de Cercetări în Cancer din New York, în noiembrie 1975.

Pentru explorarea electronografică a organismului uman au fost realizate dispozitivul de înregistrare de tipul condensatorului incomplet, precum și o serie de dispozitive menite să reducă și să elimine riscul expunerii la valori de tensiune ridicată, metode care au permis investigarea electronografică completă a organismului uman.

Tehnicii electronografice inițiale i s-au adăugat o serie de noi procedee de explorare în electroluminescență, precum și noi procedee electrografice (electrografie prin blocarea emisiei secundare de lumină, electrografia prin efect ponderomotor, termoelectrografia, electrografia cu cristale lichide, electrografia cu sistem de multisenzori etc.). Toate aceste posibilități de investigație originale sînt destinate explorării organismelor vii și în special organismului uman. Electronografia constituie o metodă experimentată îndelung, cu o metodologie și efecte proprii de un deosebit interes funcțional și clinic.

6.2. Caracteristici generale. Electronografia reproduce caracteristicile electrice ale unui corp fizic investigat, cu ajutorul unei tehnici care se bazează pe trei principii fundamentale:

1. Cuantificarea emisiei de electroni prin aplicarea unei tensiuni electrice de valori ridicate sub forma unui impuls unic, cu parametri cunoscuți.

2. Controlul cîmpului electromagnetic realizat de impulsul de foarte înaltă tensiune în spațiul dintre electrozi, control obținut prin determinarea compoziției dielectrice și modificării ei în scopul urmărit, prin accelerarea sau frînarea electronilor prin diferite medii omogene sau prin interacțiuni cu alte cîmpuri (magnetice, electrice sau electromagnetice).

3. Conversia diferențiată a energiei electronilor și a particulelor secundare determinate de ciocnirea acestora cu structurile interpușe în dispozitivul de înregistrare în energie luminoasă, cu ajutorul unor substanțe de conversie electronooptice (luminofori sau cristale lichide).

Aparatul de electronografie poate fi considerat ca un accelerator liniar și unidirecțional de particule. Spațiul de accelerare este virtual și include senzorul de lumină. În principiu, organismul viu investigat este plasat la masa sursei de foarte înaltă tensiune sau este introdus între electrozi și polarizat în cîmpul electromagnetic astfel realizat.

Schema de principiu a dispozitivului de înregistrare poate fi modelată în circuitul echivalent prezentat în fig. 6.3.

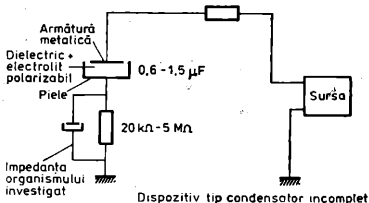
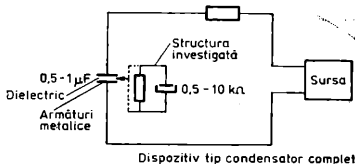


Fig. 6.3 — Schema modelului echivalent a: a) unui dispozitiv tip condensator complet (originală); b) unui dispozitiv tip condensator incomplet (originală).

Senzorul de lumină este constituit dintr-o peliculă fotosensibilă alb-negru sau color sau un dispozitiv electronoptic de tipul camerei cu vidicon sau un fotomultiplicator de imagine.

Impulsul de foarte înaltă tensiune generează o mișcare ordonată a electronilor în condensatorul C.1 de o parte și de alta la nivelul armăturilor.

Fluxul electronic generat pe una din armături se transmite printr-o mișcare de sens opus a electronilor pe armătura corespondentă. În cazul în care una din armături este constituită din suprafața învelișului cutanat care are o distribuție neuniformă datorită proceselor de atenuare ale cimpului electromagnetic în interiorul organismului viu, această distribuție se transferă pe armătura metalică a condensatorului pe suprafața căreia se află

plasat stratul convertor. Mișcarea de electroni și micro-particule secundare antrenate prin corespondența dintre cele două armături va determina în stratul de conversie apariția unor zone de luminozitate diferită în funcție de energia particulelor care îl traversează. În acest mod imaginea obținută reproduce neuniformitatea de potențial distribuită pe suprafața învelișului cutanat, neuniformitate care rezultă atât din distribuția cîmpului electromagnetic în organismul viu, cît și din interacțiuni cu cîmpurile electromagnetice biologice ale diferitelor organe și țesuturi care se găsesc inseriate în circuitul explorator. În același timp, electronii vor „aluneca” pe învelișul exterior al organismului generînd efectul pelicular. Acești electroni de suprafață, prin ciocnirile primare și secun-



Fig. 6.4 a



b

Fig. 6.4 — Imagini realizate cu impuls unic monopolar (originală): a) pozitiv; b) negativ.

dare cu moleculele și atomii gazoși, vor genera ioni pozitivi grei care se deplasează în câmpul electromagnetic ca adevărați trasori luminoși. În acest mod apare efectul pelicular care constituie imaginea fundamentală a aurei de tip Kirlian.

În condițiile în care organismul viu este introdus în câmpul electromagnetic dintre cele două armături metalice el este polarizat diferit față de fiecare dintre cele două armături, determinând emisii electronice ce vor acționa diferit ca polaritate față de două pelicule fotografice plasate în spațiul dielectric care separă organismul de fiecare dintre cei doi electrozi în parte (fig. 6.4 a și b).

Acest dispozitiv se comportă ca un dublu dispozitiv electronografic, imaginea fiind complementară pentru cele două suprafețe de expunere. Dispozitivul de tipul condensatorului complet a fost utilizat de noi doar cu caracter experimental. În explorarea organismului uman dispozitivul de înregistrare de tipul condensatorului incomplet prezintă avantaje față de dispozitivul de tipul condensatorului complet prin faptul că permite dispunerea organismului uman la masa sursei de înaltă tensiune și protecția organelor vitale de efectul impulsurilor de foarte înaltă tensiune.

În condițiile condensatorului complet, pe lângă efectul obținut prin explorarea organismului interpus, și în funcție de valorile tensiunii aplicate și de permitivitatea electrică și grosimea dielectricului, apar canale de ionizare a moleculelor interpușe.

6.3. Controlul emisiei de electroni. Emisia de electroni se realizează printr-un impuls unic aplicat dispozitivului de înregistrare generat de o sursă de înaltă sau foarte înaltă tensiune cu valori de amplitudine între 1 kV și 60 kV. Panta de creștere, panta de coborîre, durata, polaritatea impulsului sînt controlate prin dispozitive de comandă. Toți acești parametri influențează imaginea electronografică. Imaginea este formată de o variație de tensiune unică, considerent care impune utilizarea unei pante (front) cu creștere rapidă în măsură să determine fenomenul de electroluminescență și a unei pante de descreștere lente care să nu producă fenomenul de electroluminescență.

După caracteristicile sale, impulsurile utilizate în electronografie sînt de mai multe feluri:

1. Impulsul unipolar „funcție-treaptă” reprezintă un gradient de trecere rapidă de la un nivel de potențial inițial la un potențial de fond. Acest tip de impuls cu o variație extrem de rapidă generează imagini cu descărcări marginale ordonate (fig. 6.5 a).

2. Impulsul triunghiular, unipolar cu front crescător brusc și revenire lentă, este cea mai utilizată formă de impuls, care imprimă electronilor o accelerație destul de mare pe frontul crescător, pentru a realiza fenomenul de electroluminescență cu o revenire lentă care nu modifică efectul inițial (fig. 6.5 b).

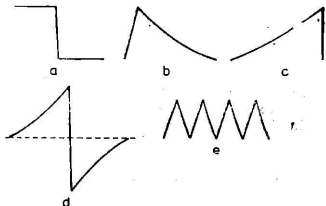


Fig. 6.5 — Tipuri de impulsuri utilizate în electronografie: a) impuls treaptă; b) impuls triunghiular cu pantă activă crescătoare; c) impuls triunghiular cu pantă activă descrescătoare; d) impuls bifazic; e) trenuri de impulsuri.

3. Impulsul triunghiular unipolar cu front crescător în amplitudine lent și revenire bruscă este realizat în sursele cu eclatare la un nivel determinat de tensiune, căderea de tensiune fiind în acest caz extrem de rapidă și determinând imaginea în exclusivitate (fig. 6.5. c).

Această formă de impuls permite obținerea unui control al valorii de tensiune prin reglarea condițiilor de eclatare.

4. Impulsul simetric bipolar, „impuls în foarfecă”, este utilizat în studiul comportamentului organismului viu sub aspectul polarității sale relative (fig. 6.5. d).

5. Trenurile de impulsuri unipolare sînt utilizate pentru obținerea unor efecte de sumă de tipul efectului Kirlian cu diferite frecvențe. Aceste trenuri de impulsuri sînt utilizate în analiza spectrală a emisie electroluminescente (fig. 6.5. e).

Amplitudinea impulsurilor variază în funcție de suprafața de țesut investigată, de profunzimea fenomenului explorat în organismul viu, de condițiile exterioare în care se realizează explorarea.

Panta de variație bruscă a tensiunii este determinantă pentru imaginea electronografică sub aspectul polarității. Durata pantei de variație bruscă a tensiunii variază între limite de 0,85—1,25 μ s. Durata impulsului este deter-

minată de durata pantei de revenire lentă care necesită un timp mai mare de 50 μ s, pentru a nu influența imaginea electronografică.

6.4. Controlul cîmpului electromagnetic. Imaginea electronografică este influențată în mare măsură de caracteristicile cîmpului electromagnetic în spațiul dintre electrozi. Modificînd caracteristicile dielectricului interpus sau interacționînd cu ajutorul altor cîmpuri magnetice, electrostatice sau electromagnetice, pot fi obținute efecte ce modifică imaginea electronografică.

1. Interpoziția unor straturi dielectrice cu grosimi și permitivități electrice diferite modifică imaginea electronografică.

2. Interpoziția unor camere de vid și interacțiunea cu cîmpuri exterioare schimbă atît traiectoria, cît și viteza de deplasare a electronilor putînd realiza prelucrări ale imaginii electronografice cu efect de mărire sau de creștere a contrastului.

3. Interpoziția unor senzori de lumină stratificați în interiorul dielectricului poate realiza imagini diferite cu caracter complementar.

Toate aceste posibilități pot fi utilizate în vederea analizei semnificației anatomofuncționale a imaginii electronografice fundamentale, permițînd în același timp o reproductibilitate a fenomenelor înregistrate.

6.5. Conversia electronoptică. Pe lîngă efectele de ionizare electroluminescentă pe care le obțin tehnicile de electroluminescență clasice, electronografia permite obținerea unor imagini ce sînt convertite în radiații luminoase din energia particulelor mobilizate de structurile investigate. Acest fenomen este posibil utilizîndu-se dispozitive electronoptice cu diferite praguri de scintilație sau conversie electronoptică. Dispozitivele de conversie sînt constituite în principal din substanțe cu un rol de luminozor, care fiind excitate emit radiații luminoase la un anumit nivel de energie specifică fiecărui atom de excitare, cantitatea de lumină emisă fiind dependentă de energia cîmpului electromagnetic. Dispozitive semiconductoare sau electreți cu prag permit diferențierea incidentă, acestea acționînd numai la un prag determinat de tensiune. Se utilizează de asemenea în acest sens straturi

de cristale lichide cu prag de deschidere la tensiuni diferite separat sau în combinație cu substanțe luminofore.

Electronografia utilizează în mod frecvent ecrane ce au aplicate pe un electrod metalic substanțe luminofore cu praguri determinate avind remanență de ordinul fracțiunilor de secundă și valori de aprindere de ordinul kV.

6.6. Analiza imaginii electronografice. Imaginea electronografică se compune din trei tipuri de efecte luminoase distincte. Vom expune pe scurt caracteristicile acestora ce vor fi ulterior interpretate din punct de vedere biofizic și al semnificației lor funcționale:

- a) Efectul pelicular sau marginal;
- b) Efectul electromorf;
- c) Efecte luminoase secundare din mediul electric proximal. *Efectul pelicular sau marginal* reprezintă o zonă de radiație la limita organismului viu cu detalii, forme și dimensiuni diferite. Aceste caracteristici diferă în expuneri repetate demonstrind fenomenul aleatoriu care îl determină.

Analiza spectrală a radiațiilor emise în aceste descărcări periferice arată valori energetice diferite, de la roșu până la ultraviolet. Efectul pelicular apare la nivelul structurilor de înveliș prin distribuția superficială a electronilor ce sînt refuși pe suprafețele de înveliș ale volum-conductorului (fig. 6.6). Polaritatea sursei determină în mare măsură caracterele imaginii peliculare. Astfel, impulsurile electropozitive cu front descărcător brusc produc arborizații cu caracter excentric, în timp ce impulsurile de același gen de polaritate negativă determină o serie de arborescențe ce converg spre interiorul imaginii. Impulsurile cu front ascendent brusc generează imagini cu polaritate inversată.

Efectul pelicular apare la valori de tensiune superioare tensiunii critice de străpungere și reprezintă imaginea grafică a efectelor de ionizare produse de electroni la suprafața structurilor de înveliș.

Efectul electromorf este generat prin conversia electro-optică diferențiată dată de atenuarea cîmpului aplicat (foto 3). El are în interiorul imaginilor figurind distribuția volumetrică a cîmpului electromagnetic și interacțiunea sa cu cîmpurile electromagnetice biologice. Astfel, în funcție de aceste fenomene, în interiorul

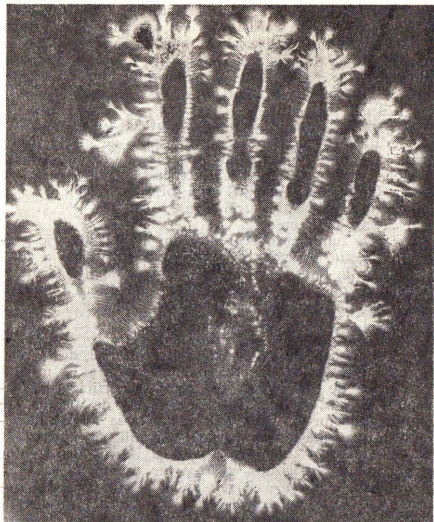


Fig. 6.6 — Imagine electronografică (originală) a mîinii;
evidențierea efectului pelicular.

imaginilor se disting zone luminoase și întunecate care reprezintă anizotropia electrică a structurilor investigate. Efectul electromorf este caracteristic imaginii electronografice și este reproductibil în explorări repetate (fig. 6.7).

În afara organismului viu, pot fi puse în evidență cu ajutorul explorărilor electronografice o serie de efecte luminoase care dovedesc existența unui mediu electric structurat, legat funcțional cu organismul și care face în



Fig. 6.7 — Imagine electronografică (originală) a mîinii; evidențierea efectului electromorf.

același timp legătura dintre el și mediul electric înconjurător. Astfel, au fost evidențiate efectele luminoase generate de stratul de vaporii de apă și ioni gazoși din jurul organismului viu (fig. 6.8).

* * *

Electronografia este o metodă diferită de metoda electroluminescentă cu ajutorul curentului electric de radiofrecvență cunoscută ca fotografie Kirlian. Dacă în cazul fotografiei Kirlian se folosește un spațiu real de accelerare a electronilor, în dispozitivul de înregistrare electronografic spațiul de accelerare este virtual, neexistînd



Fig. 6.8 — Imagine electronografică (originală) a mediului electric proximal.

zone de interpoziție gazoasă în măsură să determine apariția unor canale de ionizare între corpul investigat și senzorul de lumină.

Tehnica electrografiei Kirlian utilizează accelerarea repetată și bidirecțională a electronilor din spațiul de accelerare. Electronografia utilizează o accelerare unică într-o singură direcție, delimitând efectele după polaritatea impulsului aplicat. Prin tehnica bipolară, electronografia urmărește suprapunerea pe aceeași imagine a fiecărui

efect de polaritate, urmărindu-se comportamentul structurilor biologice în același moment funcțional.

Utilizarea unor valori precis determinate de amplitudine și pantă de variație bruscă a tensiunii permite obținerea unui efect de electroluminescență ce reproduce o imagine fundamentală și nu sumată prin suprapunerea unui șir succesiv de unde. Efectul pelicular apare ca un fenomen aleatoriu determinat în mare parte de conducitivitatea electrică a structurilor investigate și a mediului de vecinătate, efect care într-o suprapunere indefinită realizează imaginile de tip Kirlian, constituind caracteristica fundamentală a acestei imagini. În imaginea electronografică efectul pelicular este mai puțin important și el este uneori complet înlăturat prin introducerea unor corecții în expunere, efectul electromorf constituind un element important de analiză al imaginii.

Electronografia se definește ca o metodă de electroluminescență controlată prin multiplele mijloace, informațiile ce le oferă avînd un caracter definit și o mare reproductibilitate în funcție de caracteristicile funcționale ale organismului investigat.

Electronografia este un instantaneu al activității bio-electrice. Fiecare imagine în parte trebuie apreciată ca o secvență instantanee dintr-o activitate biologică continuă ce ilustrează nu o structură morfologică, ci o funcție cu corespondență în activitatea electrică a organismului.

Imaginile electronografice se detașează considerabil de imaginile obținute prin tehnica Kirlian prin prezența unor numeroase elemente distincte.

În capitolul precedent am definit imaginea electronografiei o electrografie ce utilizează efectul de electroluminescență a curentului electric de foarte înaltă tensiune. Electronografia, pe lângă radiație primară generată de un singur impuls de foarte înaltă tensiune, transformă în radiație luminoasă energia cîmpului electromagnetic al impulsului propagat prin organismul expus în dispozitivul de înregistrat.

7.1. Investigarea electronografică a organismului viu. Organismul viu delimitează prin structurile sale de înveliș un mediu cu proprietăți electrice distincte, care întreține și reflectă în același timp fenomenele biologice: mediul electric intern.

Mediul electric intern asigură homeostazia energetică și informațională de natură electrică a macrosistemului biologic constituit dintr-un număr imens de celule și structuri vii diferențiate.

La limita de separație dintre mediul electric intern și mediul electric extern în care se integrează organismul viu se petrec o serie de fenomene electrice cu rol activ în procesele de schimb energetic și informațional dintre cele două medii, fenomene care au fost denumite de noi fenomene bioelectrice de suprafață. În strînsă dependență de aceste fenomene care se petrec pe suprafața organismului viu se poate delimita o zonă limitrofă organismului viu în care se găsesc în stare gazoasă o serie de componente rezultate din metabolismul organismului, respirație și transpirație cutanată, precum și substanțe provenite din mediul ambiant. Toate acestea sînt structurate labil prin interacțiunea permanentă a mediului

electric biologic cu mediul electric extern în condițiile diversificate ale mediului înconjurător și limitele toleranței biologice. Acest mediu de tranziție în care se reflectă atât caracteristicile funcționale organice, cât și acțiunea factorilor din mediul electric extern l-am numit mediu electric proximal.

În această concepție de ansamblu, explorarea electrică a organismului viu implică explorarea mediului electric biologic, a activității electrice de suprafață și a mediului electric proximal.

Înțelegerea imaginilor electronografice necesită, în funcție de condițiile tehnice ale explorării, delimitarea celor trei componente care reproduc din punct de vedere electric organismul: activitatea electrică a organismului; caracteristicile electrice ale mediului ambiant; mediul electric proximal.

7.1.1. Mediul electric biologic ca volum-conductor activ. Organismul viu reprezintă un volum-conductor neomogen, neuniform, anizotrop, cu geometrie spațială variabilă, precum și variații temporale însemnate ale parametrilor săi datorate funcționalității însumate a diferitelor organe și structuri componente.

Organismul viu nu este un simplu volum-conductor cu proprietăți determinate numai de parametrii proprii și ai sursei exploratoare, el este un volum-conductor activ cu surse proprii de tensiune electromotoare care interacționează cu sursa exploratoare și în același timp modifică cu caracter continuu valorile parametrilor electricei.

Toate aceste date fac dificilă și imprecisă cunoașterea distribuției cîmpului electromagnetic generat de impulsul de foarte înaltă tensiune al sursei electronografice. Trecerea unui curent electric printr-un volum-conductor determină o serie de efecte generale determinate de valorile impedanței sale, de distribuția curentului în profunzime, de inducția sa în medii conductoare de vecinătate, de interacțiunea cu cîmpurile electromagnetice din interiorul său.

Vom aminti succint în cele ce urmează principalii factori legați de distribuția volumetrică a cîmpului electromagnetic generat de impulsul de foarte înaltă tensiune.

Valorile impedanței măsurate în interiorul organismului viu diferă de la un țesut la altul și sint influențate

intr-un grad important de frecvența curentului explorator. Redăm mai jos, în tabelul nr. 1 (reprodus după H. Schvan), valorile rezistenței specifice măsurate la diferite frecvențe corespondente valorilor de frecvență utilizate în electronografie:

Tabelul nr. 1

Rezistența specifică a diferitelor țesuturi, în ohmi/cm

Frecvența	Mușchi	Ficat	Pulmon	Splină	Rinichi	Creier	Perete vascular
11 KHz	170—250	220—800	165—200	250—500	150—270	460—850	147
1 MHz	160—250	210—550	150—180	230—380	140—250	430—700	140
10 MHz	150—170	180—260	110—150	150—170	120—170	300—450	90

Valorile constantei dielectrice pentru țesuturile vii variază de asemenea în funcție de frecvență. Prezentăm după același autor valorile constantei dielectrice pentru țesutul muscular și hepatic, observindu-se scăderea acesteia cu o decadă valorică pentru creșterea cu o decadă a frecvenței.

Tabelul nr. 2

Constanta dielectrică măsurată în frecvențe înalte

Frecvența	Mușchi	Ficat
100 KHz	3×10^3	$(7-12) \times 10^3$
1 MHz	2×10^3	$(1,2-2) \times 10^3$

Liniiile densității curentului electric în interiorul organismului viu sînt greu de determinat din cauza condițiilor funcționale. Distribuția neomogenă a curentului electric în interiorul corpului viu se produce atît prin impedanțele diferite ale țesuturilor și organelor, cît și prin fenomenul de refulare sau skin care este însoțit de creșterea cu frecvența a rezistenței electrice globale a organismului. El este datorat pătrunderii atenuate a cîmpului electromagnetic în interiorul organismului. Pe măsura propagării undelor electromagnetice în mediul neomogen,

amplitudinile lor scad diferențiat. Constanta de atenuare este dată de relația:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega \mu \gamma}{2}}, \quad (7.1)$$

în care ω este pulsația, μ — permeabilitatea magnetică și γ — conductivitatea electrică.

Atenuarea cîmpului electromagnetic este cu atît mai pronunțată, cu cît frecvența este mai înaltă iar la o frecvență dată, cu cît μ și γ au valori mai mari.

Principala atenuare a cîmpului electromagnetic generat de impulsul electronografic se produce la intrarea acestuia în organism, prin curenți de aducțiune la nivelul învelișului cutanat care deține valoarea cea mai ridicată a impedanței biologice. Pătrunderea sa în adîncime se face preferențial prin zone și puncte de minimă impedanță, iar propagarea este cu atît mai profundă, cu cît valorile sînt mai mici.

Deci efectele electronografice aparțin unor zone cu atît mai profunde, cu cît impedanța de contact dintre dispozitivul de înregistrare și piele va fi mai mică și cu cît perioada impulsului va fi mai mare, dar nedepășind limita critică. Durata optimă a impulsului se plasează la valori de ordinul microsecundelor.

Poate fi explicată în acest fel și originea punctelor electrodermice cu valori minime de impedanță ca locuri de pătrundere preferențială a cîmpului electromagnetic în profunzimea organismului.

Efectul de refulare are următoarele consecințe: determină o creștere a pierderilor de energie prin efect termic (efect Joule), conduce la creșterea rezistenței și inductivității și la dependența acestor mărimi de frecvență.

Distribuția cîmpului electromagnetic generat de impulsul de foarte înaltă tensiune mai este influențată într-o măsură apreciabilă de mediul electric proximal care poate acționa ca un cîmp electric și magnetic inductor realizînd un efect de proximitate. Se poate explica astfel influența pe care o prezintă diferite organisme asupra geometriei, intensității și spectrului cromatic al descărcărilor marginale.

Unele circuite cutanate sau corporale care prezintă o impedanță minimă în condiții funcționale (impedanța bio-

logică fiind recunoscută ca fiind determinată exclusiv de reactanța capacitivă) pot deveni inductive în funcție de regimul impulsului aplicat. Se poate explica astfel apariția unor puncte electrodermice aflate pe traseul unor meridiane (circuite corporale longitudinale care prezintă o rezistență de tranziție între punctele electrodermice și zonele indifferente).

7.1.2. Rolul activității electrodermale. Învelișul cutanat determină în mare măsură imaginea electronografică mai ales sub aspectul efectului pelicular (fig. 7.1). Acoperită de un strat conductor superficial, generat prin expulzia lichidului sudoral care este permanent influențat de mecanismele neurovegetative de control periferic al schimburilor energetice, pielea constituie în dispozitivul de electronografie armătura conductoare (dispozitivul capacitor incomplet) sau reprezintă stratul continuu conductor care va fi polarizat în interiorul condensatorului (dispozitiv de tipul capacitorului complet).

Rezistența electrică a învelișului cutanat determină în principal valoarea impedanței organismului.

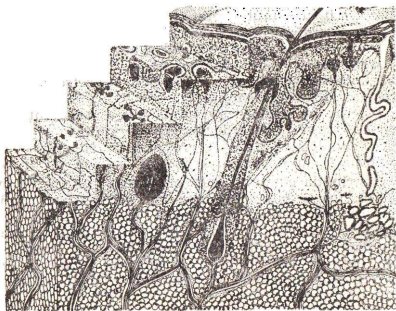


Fig. 7.1 — Structura anatomică a învelișului cutanat.

La nivelul ecranului de expunere electronografică valoarea rezistenței electrice variază în limite foarte mari. Ea este pentru suprafața medie a abdomenului ($0,60 \text{ m}^2$) cuprinsă între 5 și 47 K Ω iar pentru suprafața medie a unei palme ($0,08 \text{ m}^2$), de 2—83 K Ω . Capacitatea electrică măsurată la nivelul ecranului de expunere variază între 1 nF și 0,1 nF.

Datorită stratului conductor de la suprafața învelișului cutanat, efectul de refulare al cimpului electromagnetic este însemnat, determinând distribuția unei mari densități de curent pe suprafața corpului. Această distribuție de electroni determină la rândul său coliziunile primare cu moleculele gazoase înconjurătoare. Din această distribuție superficială a curentului ia naștere efectul pelicular. Este evidentă dependența efectului pelicular și implicit a aurei de tip Kirlian de impedența electrică cutanată, precum și de componența și conductibilitatea mediului electric proximal.

Activitatea electrică cutanată suferă numeroase modificări funcționale. Reflexele electrodermale coboară rezistența electrică de suprafață (ΔR) la valori de la 1% la 20% din valoarea rezistenței de fond (R_0). Aceste variații mari ale rezistenței electrice de suprafață influențează considerabil imaginea electronografică, îndeosebi sub aspectul efectului pelicular (foto 4).

În condiții patologice, modificarea parametrilor electrice cutanați este determinată de iritația căilor simpatice eferente și se traduce prin scăderea rezistenței electrice sau, în cazul unor leziuni ce afectează aceste fibre, rezistența electrică crește considerabil. Toate aceste modificări își au un corespondent electronografic.

Punctele electrodermice reprezintă suprafața cu minimă rezistență electrică, care în condiții patologice își diminuează rezistența și se extind în suprafață. La acest nivel se petrece penetrația preferențială a cimpului electromagnetic în interiorul organismului uman, determinând antrenarea aerului ionizat din jurul lor într-o mișcare concentrică (turbionaj).

Electronografia reprezintă astfel și o metodă de explorare a fenomenelor electrice de suprafață.

7.1.3. Mediul electric proximal în explorarea electronografică. Mediul proximal a fost denumit astfel datorită

relațiilor de vecinătate cu organismul uman. Organismul viu, prin intermediul structurii de suprafață, creează în jurul său un mediu cu conductivitate electrică ridicată care conține în stare ionizată substanțe gazoase rezultate din schimburile respiratorii transcutanate, electroliții și ioni organici, antrenati de vaporii de apă rezultați din evaporarea sudorală. Acest mediu polimorf în stare inițială de ionizare este legat labil de suprafața învelișului cutanat. El asigură transferul energiei printr-o conducție electrică și termică ridicată care este sensibil influențată de gradientii respectivi între mediul biologic și mediul înconjurător.

În condițiile expunerii electronografice, această anvelopă gazoasă asemănătoare plasmiei reci (denumită de unii autori biocîmp sau bioplasmă) are un rol important prin efectul magnetic inductiv care îi este imprimat de cîmpul de foarte înaltă tensiune. Acest efect este cunoscut ca efect de proximitate și realizează suplimentar o redistribuție a liniilor de forță ale cîmpului acționînd prin efect Lorentz asupra particulelor cu sarcină.

7.2. Originea efectului pelicular. Efectul pelicular este generat printr-o distribuție neuniformă a cîmpului electromagnetic pe suprafața corpului investigat, distribuție care determină o refulare predominantă a particulelor elementare antrenate pe cîmp. Această densitate mare de electroni ce se distribuie pe suprafața corpului investigat determină conturarea lui prin strimeri.

Procesul de formare al strimerilor este complicat și nu poate fi înțeles decît prin aprecierea tuturor interacțiunilor determinate de electroni în decursul aplicării lor în dispozitivul de expunere în care este introdus organismul investigat.

Formarea strimerilor este comună în electronografie cu cea realizată prin efect Kirlian, cu deosebirea că în aceasta din urmă apare superpoziția unui număr mare de strimeri ce generează un efect luminos relativ omogen.

Majoritatea autorilor care au căutat să explice mecanismul fotografiei Kirlian au făcut apel la teoria descărcărilor luminoase în gaze, cunoscută ca „teoria strimerilor”. Primele cercetări experimentale asupra efectelor luminoase la descărcări de foarte înaltă tensiune au fost

realizate de Loeb și Meek (1941) și ulterior au fost reluate de Loeb (1965).

Cercetările acestor autori au furnizat primul model al teoriei strimerilor pe care se bazează efectul pelicular ce poate fi considerat ca format din strimeri fundamentali. Vom folosi acest model experimental în explicarea efectului pelicular.

Modelul experimental ce a permis studiul strimerilor a fost constituit dintr-un dispozitiv de descărcare a unui impuls de foarte înaltă tensiune între doi electrozi cu suprafețe plan paralele de 1 cm^2 , la o distanță de 1 cm . Presiunea atmosferică este de 1 atmosferă, tensiunea de descărcare de $31\,600 \text{ V}$, amorsarea făcându-se prin iluminarea catodului cu raze ultraviolete (raportul $E/p = 4,6 \text{ V/cm/mm Hg}$, în care E este intensitatea cîmpului, iar p — presiunea atmosferică). Raportul dintre intensitatea cîmpului și presiunea atmosferică este determinant pentru evoluția fenomenului.

În acest model un singur electron eliberat de la catod obține rapid o medie statistică de energie egală cu $3,6 \text{ eV}$ și o viteză în direcția orientării de $1,5\text{--}2 \times 10^7 \text{ cm/s}$.

Acest electron, prin coliziunea sa cu atomi și molecule, determină apariția altor electroni cu un coeficient de creștere dependent de raportul dintre puterea cîmpului și presiunea atmosferică (fig. 7.2). Pe distanța dintre electrozi se formează astfel o creștere exponențială a numărului de electroni care părăsesc un număr egal de ioni pozitivi. Această creștere „în avalanșe” a numărului de electroni determină creșterea cumulativă a numărului de ioni pozitivi. Diferența de viteză dintre electroni și ionii pozitivi determină o migrare lentă a acestora din urmă, inițial în virtutea inerției de coliziune și secundar datorită atragerii lor în cîmpul electromagnetic existent între cei doi electrozi (viteza ionilor pozitivi este cu 3 decade mai mică decât viteza de propagare a electronilor). Avalanșa electronică suferă o difuziune radială (F) în funcție de timpul de propagare al electronilor (t), deci dependentă de spațiul de propagare (s) și viteza (v): $t = s/v$ și de coeficientul de difuziune ce poate fi calculat din viteza electronilor: (7.2).

$$F \times v = 2dt$$

Electronii de pe cele două plăci polarizate vor ajunge la anod cu excepția celor ce sînt adionați în recombinați

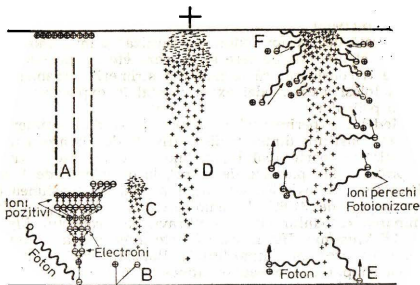


Fig. 7.2 — Schemă ilustrând procesul de avalanșă electronică.

cu ionii pozitivi. Densitatea ionilor pozitivi depinde de coeficientul de creștere al numărului de ciocniri cu structurile atomice și moleculare din spațiul de accelerare.

Pe lângă mecanismul coliziunii electronice primare, cu declanșare secundară de fotoni, ca factor de generare a avalanșei electronice, se poate presupune și existența unor mecanisme secundare, ca: a) ionizarea gazelor prin coliziuni secundare determinate de ionii pozitivi; b) emisia de electroni secundari de către catod prin impactul ionilor pozitivi rezultați din descărcarea primară; c) impactul la catod al fotonilor rezultați din descărcarea primară care generează de asemenea electroni, fenomen dependent de natura gazului și a catodului; d) emisia secundară de electroni la catod prin impactul acestuia cu atomi excitați în stare instabilă (fenomenul este foarte lent); e) fotoionizarea gazelor (acest efect este considerat de Tiller de primă importanță în formarea arborizațiilor); f) transferul rezonant de sarcină.

Acest complex de fenomene care generează emisii secundare de electroni dezvoltă procese succesive avalanșei primare de electroni, care o pot susține sau o pot continua la perioade de timp diferite. Fenomenul de fo-

toionizare joacă un rol important prin formarea unor canale de propagare a microparticulelor cu sarcină în cele mai diferite direcții prin formarea și direcționarea unor noi avalanșe. În procesul de fotoionizare participă atât moleculele și atomii ionizați, cât și electronii (Dawson și Winn, 1955). Fotoelectronii creați în jurul canalului de ioni pozitivi din vecinătatea anodului exercită o acțiune de direcționare a ionilor pozitivi și accelerare a acestora. În condițiile propagării lente a ionilor pozitivi ce se dirijează spre catod, aceștia acționează ca adevărați trasori de lumină eliberând fotoni prin recombinarea lor lentă cu electroni. Sarcinile spațiale pozitive se dezvoltă astfel de la anod spre catod ca un fenomen de autopropagare întreținut continuu de emisiile și avalanșele de electroni secundare, delimitându-se ramuri luminoase și arborizații secundare, care alcătuiesc strimerii.

Viteza de propagare a arborizațiilor depinde de fotoionizarea gazului și de propagarea fotonului la viteza luminii. Ea a fost determinată experimental ($1,3-10^8$ cm/s). Arborizația apare în felul acesta direcționată către catod în regiunile de distorsiune spațială orientată de-a lungul unei linii paralele cu cîmpul. La atingerea catodului, curentul de plasmă antrenat de-a lungul acestor ramuri produce o intensă ionizare locală cu apariția unei emisii puternice de lumină.

Evoluția curentului de plasmă cu sarcini pozitive spre catod se însoțește cu o puternică accelerare a electronilor spre extremitățile arborizațiilor și de creare a unei noi emisii de electroni în avalanșe de-a lungul canalului format, fenomene ce ramifică și îmbogățesc terminațiile arborescenței luminoase. În felul acesta se detașează o ramură „pilot” care direcționează descărcarea luminoasă primară, completată la intervale de timp în funcție de puterea cîmpului și gradului de ionizare al spațiului de accelerare, prin descărcări secundare din ce în ce mai ramificate. Canalele de plasmă tind să uniformizeze potențialele dintre electrozi.

Viteza de reîntoarcere a undelor secundare la canalul pilot este de 10^9-10^{10} cm/s (fig. 7.3).

Este ușor de înțeles de ce în regimul tranzitoriu al unui impuls de înaltă tensiune prin fenomenele de fotoionizare care apar în cadrul sistemului de expunere sînt generate unde electromagnetice cu cele mai diferite spec-

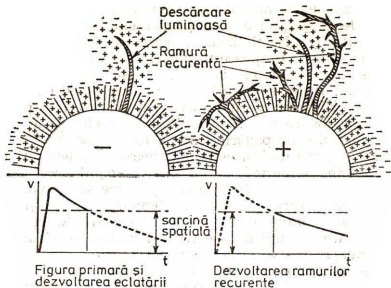


Fig. 7.3 — Dezvoltarea ramificațiilor de întoarcere în funcție de polaritatea sursei.

tre energetice datorate unei conversii de frecvență în sistemul oscilator dintre cei doi electrozi polarizați diferit. Tot astfel, în cazul aplicării unui impuls aperiodic, descompunerea într-un șir de oscilații secundare generează fenomene ce pot fi reproduse și modelate matematic. În cazul aplicării unui regim de curent alternativ de frecvență ridicată, fenomenele vor fi într-o măsură însemnată dependente de frecvența de repetiție a impulsurilor.

Electronografia, utilizând un impuls asincron, permite analiza fenomenului de strimer față de energia cîmpului aplicat, considerînd că fluxul de electroni se produce o singură dată și într-un sens unic. Dacă energia cîmpului este suficientă pentru a produce, într-o fracțiune determinată de timp, o creștere critică de electroni capabilă să realizeze fenomenul de avalanșă, imaginea de strimeri va apărea. Lungimea arborizațiilor depinde de valoarea tensiunii aplicate, crescînd cu aceasta pînă la valoarea maximă a tensiunii de străpungere.

Emisia de electroni mai este dependentă și de natura materialului din care este constituit catodul. Oțelul oxidat și nichelul au cea mai importantă emisie de electroni, iar organismele vii, cea mai scăzută.

7.3. Efecte generate de polarizarea dielectricului din dispozitivul de înregistrare. Modelul clasic de producere a strimerilor a fost realizat în spațiul de accelerare al electronilor dintre două plăci metalice separate printr-un mediu gazos. În această situație, așa cum am văzut, una dintre condițiile formării strimerilor este obținerea unui raport critic între intensitatea cîmpului aplicat și presiunea gazului aflat între electrozi (E/p), în favoarea realizării unui potențial critic pentru antrenarea avalanșei de electroni.

În dispozitivele de înregistrare electronografică acest potențial se realizează printr-un mediu dielectric interpus între electrozi care produc descărcarea în funcție de caracteristicile acestui mediu dielectric și care va influența formarea strimerilor în măsură considerabilă. Spațiul de accelerare în cazul dispozitivului electronografic este virtual.

Dielectricul dispozitivului electronografic se polarizează diferit în cursul regimului tranzitoriu iar la un moment dat pe fețele sale apar densități de sarcini superficiale egale pentru suprafețele corespondente + și -.

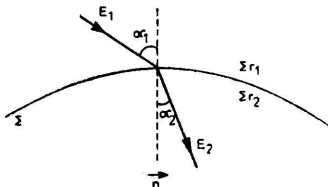
Polarizarea este dată de relația $P = M/V$, în care $M = Qpd$ reprezintă momentul electric al dielectricului de volum V . Polarizarea se exprimă și în densitatea superficială a sarcinilor care apar pe fețele celor două armături. Ele sînt numeric egale cînd liniile de forță ale cîmpului care le străbat sînt perpendiculare.

Sarcinile de polarizare creează un cîmp de polarizare E_p al cărui sens este contrar sensului cîmpului aplicat de sursa de foarte înaltă tensiune și care depinde de densitatea superficială de sarcini și de permitivitatea absolută a mediului.

Cîmpul electric în interiorul dielectricului (E_d) este reprezentat de raportul dintre cîmpul aplicat pe armăturile condensatorului E_o și permitivitatea relativă a dielectricului ϵ_r :

$$E_d = E_o / \epsilon_r \quad (7.3)$$

Introducerea organismului viu în spațiul dielectric al condensatorului îi schimbă capacitatea în funcție de permitivitatea relativă a structurii biologice, modificînd în funcție de aceasta și valoarea cîmpului E_d . Deci mo-



$$\frac{\lg \alpha_1}{\lg \alpha_2} = \frac{\Sigma r_1}{\Sigma r_2}$$

$$E_1 \sin \alpha_1 = E_2 \sin \alpha_2$$

$$D_2 \cos \alpha_2 = D_1 \cos \alpha_1$$

Fig. 7.4 — Refracția electrică într-un dielectric.

dificarea omogenității dielectricului sau realizarea unei distribuții neuniforme de câmp la nivelul uneia dintre armături va produce o distribuție similară de câmp generându-se fenomenul de refracție a liniilor de forță electrică și de inducție la trecerea lor dintr-un mediu dielectric în altul.

Dacă se consideră două medii dielectrice cu permitivitățile lor relative ϵ_1 și ϵ_2 , separate printr-un plan de separație, ϵ va fi câmpul electric care intersectează planul de separație la intrarea sa în mediul electric. E_1 va face un unghi α_1 cu normala în punctul de penetrație dintre cele două medii, unghiul de deviere al câmpului propagat E_2 făcând cu normala un unghi α_2 (fig. 7.4). Relațiile sînt exprimate în legea refracțiilor liniilor de câmp dacă, așa ca în cazul suprafeței organismului viu, există sarcini libere de densitate superficială.

Refracția liniilor de forță ale câmpului dintre armături va fi deci diferită în funcție de permitivitatea celor două medii. În fig. 7.5 sînt reprezentate două tipuri de refracție în condiții de valori diferite a două medii dielectrice distincte. Această neomogenitate a câmpului din interiorul dielectricului dintre cei doi electrozi va di-

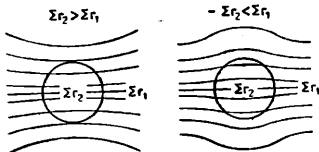


Fig. 7.5 — Dispunerea liniilor de echipotential în funcție de permitivitatea dielectrică a corpului de investigat.

reționa particulele purtătoare de sarcini ce apar în interior, influențând în mod diferit orientarea și mărimea stri-merilor ce se formează în acest cimp neomogen.

Așa cum am arătat anterior, în polarizarea moleculelor interpușe între cele două armături ale dispozitivului de înregistrare electronografică joacă un rol activ nu numai cimpul E_d rezultat din distribuția cimpului inițial E_0 al sursei în mediul cu permitivitatea electrică cunoscută, ci și cimpul electric creat de toate sarcinile care acționează simultan asupra moleculelor din dielectric, precum și a particulelor rezultate din excitarea lor (fig. 7.6).

Se poate evidenția importanța în realizarea imaginilor pe care o are cunoașterea caracteristicilor spațiului dielectric în care apare fenomenul de electroluminescență.

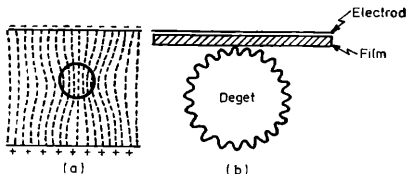


Fig. 7.6 — Distorsiunea cimpului dată de sfericitatea dielectricului cu exemplificarea comportamentului degetului uman.

Fenomenul de polarizare a dielectricului care intervine în condițiile expunerii electronografice are trei consecințe importante:

1. Efectul schimbării de orientare a câmpului produs de sursa de înaltă tensiune.

2. Va exista o polarizare intermediară a tuturor materialelor dielectrice cu permitivități electrice diferite, raportată la polaritatea celor doi electrozi pe care se va aplica câmpul inițial (E_0). Valorile intensităților câmpurilor intermediare ($E_{d1}, E_{d2} \dots E_{dn}$) vor fi diferite, determinate în principal de valoarea permitivității lor relative.

3. Distribuția neomogenă a densităților superficiale de sarcină determină distribuția neuniformă a câmpului în cele două medii, dintre care unul (organismul viu) are caracteristici electrice distribuite volumetric neomogen și variabil în timp.

Cunoașterea mediului dielectric permite influențarea imaginilor sub aspectul efectului pelicular prin două modalități principale:

1. Controlul imaginii prin cunoașterea permitivității relative a mediului electric care, raportat la permitivitatea electrică a mediului biologic investigat, permite calculul distribuției câmpului dintre cei doi electrozi.

2. Posibilitatea de interacțiune la acest nivel cu ajutorul unor câmpuri externe prin influențarea fenomenelor legate de apariția strimerilor.

7.4. Rolul polarizării electrozilor. Influența polarizării electrozilor a fost studiată de Nasser (1971) pe un model experimental de descărcare între un electrod punctiform și un electrod plan. Parametrii curentului de foarte înaltă tensiune utilizat de acest autor sînt foarte apropiați de parametrii sursei electronografice. Autorul a pornit de la același principiu teoretic, aplicarea unui impuls cu front activ foarte scurt în măsură să obțină fenomenul de avalanșe, dar cu o pantă de revenire suficient de lungă care să elimine posibilitatea unor efecte de electroluminescență generate în perioada de revenire a impulsului care s-ar suprapune pantei declanșate. În acest

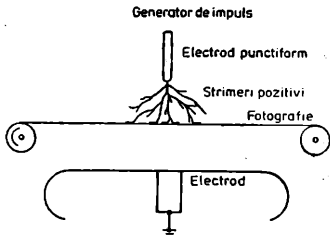


Fig. 7.7 — Schema utilizată în studiul polarității strimerilor.

fel fenomenul este unic și poate fi supus unei analize a mecanismului său de producere.

În acest model electronii realizează o ionizare în avalanșe și se distribuie rapid spre anod, în timp ce ionii pozitivi se deplasează lent spre catod. Câmpul electrostatic dintre cei doi electrozi este modificat pe măsură ce procesul se produce. Când electrodul punctiform este pozitiv, electronii sint accelerați în interiorul câmpului de creștere a intensității lăsând în urmă canale radiale, cu sarcini spațiale pozitive, crescând brusc densitatea sarcinilor spre anod (fig. 7.7). Acest fenomen crește tensiunea la anod, dându-i o distribuție ramificată și atrage noi avalanșe de electroni care măresc canalele. Se formează astfel un sistem de arborizații determinat de sarcinile spațiale pozitive care pornesc din electrodul punctiform, dirijându-se în spațiu pînă cînd la extremitatea arborizațiilor câmpul scade neputînd furniza în continuare ionizarea.

Dacă însă electrodul punctiform devine negativ, electronii se deplasează concentric în câmpul ce descrește în intensitate. Electronii lasă prin coliziuni o sarcină spațială pozitivă care reduce câmpul de conducție al electronilor și creează componentele unui câmp tangențial. Descărcarea negativă primară se mărește astfel în anumite sectoare și forțează câmpul în fața catodului. Imaginea formată dă impresia unei convergențe spre inte-

rior. Figura Lichtenberg negativă este în acest fel mai mică decât cea pozitivă care are un caracter expansiv în afara structurii investigate.

O ramură de descărcare pozitivă devine un ghid de plasmă pentru o emisie secundară de electroni, rezistența ei electrică crescând progresiv la extremitatea distală. Astfel se nasc ramuri secundare care completează figura primară. În interiorul structurii arborescente se petrec în decursul descărcării numeroase remanieri și reorientări în funcție de valorile cîmpului în regimul tranzitoriu determinat de impuls, restructurări care rămîn însă imprimare pe pelicula fotosensibilă.

Dezvoltarea ramurilor determină reducerea supradetvoltării și — pînă la o anumită valoare a tensiunii locale — evită străpungerea prin fenomenele distribuirii cîmpului.

Fluxul de electroni este un flux convergent care determină prin efectul interacțiunii magnetice (forța Lorentz) transformarea plasmă rezultate din ionizare în canale înguste.

Forța care acționează asupra purtătorilor de sarcină din plasmă este dependentă de produsul vectorial dintre viteza particulelor și inducția magnetică. În acest fel se produce o condiționare de ordin magnetic a distribuției arborizației.

Prin interacțiuni cu diferite forțe electromotoare din exteriorul cîmpului poate fi influențată într-o măsură importantă forma descărcării. În dispozitivul de înregistrare electronografică am realizat modificarea liniilor descărcărilor prin interacțiuni cu cîmpuri magnetice induse.

La interpretarea efectului de polaritate al imaginilor electronografice este necesară reconsiderarea principiilor general folosite în studiul strimerilor, luîndu-se în considerație o serie de factori particulari reprezentați de particularitățile dispozitivului de înregistrare.

1. În condițiile expunerii unui organism viu în interiorul cîmpului electromagnetic apare un fenomen de polarizare interioară determinat de orientarea cîmpului inductor, astfel că dispunerea sarcinilor pe suprafața organismului explorat va avea o reprezentare dipolică, raportată la polaritatea electrozilor care generează acest cîmp. Dispunerea fotosenzorului pe o față sau alta a

organismului introdus în câmp va înregistra imagini cu caracter complementar, strimerii formându-se printr-o descărcare de tip pozitiv sau negativ determinată de polarizarea organismului.

2. În condițiile în care suprafața organismului viu este considerată ca armătura unui condensator separat printr-un dielectric omogen de o armătură metalică, pe suprafața organismului apare o variație de sarcină determinată de transformările produse de câmp.

3. Poziția fotosenzorului în sistemul de înregistrare este decisivă în obținerea polarității de imagine, caracteristicile de polaritate ale fenomenului de electroluminescență fiind în funcție de sensul de variație al curentului față de planul de înregistrare. Nu trebuie să uităm că senzorul de imagine nu reproduce decât proiecția fenomenelor luminoase pe planul în care acesta este plasat.

4. Polaritatea impulsului este determinată de orientarea frontului activ al sursei (acea variație rapidă de potențial capabilă să declanșeze fenomenul de avalanșe). Astfel, dacă impulsurile pozitive au un front ascendent brusc, ele se vor comporta pozitiv, dar dacă ele vor avea un front ascendent lent și un front descendent brusc ele vor genera imagini de tip electronegativ. De asemenea, un impuls bipolar va fi considerat de tipul $- +$, și nu $+ -$. Pentru standardizarea polarității impulsului, el se raportează la imaginea obținută, și nu la polaritatea sursei de impulsuri.

Este interesant de arătat că în procesul de orientare al arborizațiilor din spațiul de expunere pot apărea la un moment dat inversări de polaritate. Astfel, acumulările de ioni pozitivi la catod odată cu scoaterea de sub tensiune pot determina o repolarizare de moment a imaginii ce se manifestă prin apariția unor noi ramuri de tip invers. Prin prezența unor remanieri de repolarizare tranzitorie la nivelul fotosenzorului pot fi restructurate ramificațiile recurente.

7.5. Rolul compoziției mediului gazos din spațiul dielectric. Compoziția mediului dielectric și prezența gazelor în interiorul spațiului de accelerare dintre electrozi pot influența în mare măsură formarea strimerilor.

Pe lângă valoarea permitivității electrice a mediului dielectric, gradul de ionizare la un moment dat al acestuia influențează imaginea.

Introducerea unui gaz care prin descompunerea sa cedează electroni, așa cum este tetraclorura de carbon care se descompune în triclorură de carbon și clor ionizînd negativ mediul, modifică strimerii diminuînd ramurile și subțindu-le.

Prezența unei ionizări negative, abundente poate acționa diminuînd pragul de apariție al avalanșei electronice și în secundar acționează frînînd evoluția ionilor pozitivi care, așa după cum am arătat, acționează ca niște trasori luminoși în formarea strimerilor. Conținutul în vapori de apă își exercită influența prin favorizarea descărcărilor și formarea strimerilor în condițiile în care vaporii de apă nu sînt în prealabil ionizați.

Conținutul în vapori de apă și în ioni gazoși rezultați din respirația tisulară, care sînt purtători de sarcină, influențează strimerii în mod diferit după încărcarea lor. Ionizarea biologică, antrenînd ioni grei cu sarcini pozitive în condiții de activitate metabolică intensă, sporește descărcarea luminoasă a efectului pelicular. Același efect îl are expulzia conținutului sudoral. Această ionizare favorizează descărcările luminoase prin formarea de arborizații largi și ramificate. Ionizarea negativă, dimpotrivă, diminuează formarea strimerilor. Variația temperaturii gazului, ca și a presiunii sale, joacă un rol important prin modificarea stării de agregare a gazului datorită agitației termice a moleculei.

7.6. Efectele polarizării țesutului viu. În urma aplicării unei tensiuni electrice pe suprafața corpului viu se va produce o distribuție a sarcinilor electrice în țesuturile de suprafață și chiar în profunzimea sa ca urmare a fenomenului de polarizare.

În tehnica electronografică fenomenul de polarizare este neglijabil datorită timpului extrem de scurt al expunerii și datorită regimului tranzitoriu în care se face expunerea.

În condițiile expunerii la un număr mare de unde de radiofrecvență, ca în tehnica Kirlian sau în explorările care necesită impulsuri repetate, polarizarea țesuturilor poate lua valori apreciabile care modifică distribuția sar-

cinilor de suprafață. Aceasta este una din cauzele de eroare ale imaginilor realizate în tehnica Kirlian.

Acțiunea unui câmp asupra unei structuri ionizabile poate genera două grupe de efecte.

1. Emisia catodică de electroni se însoțește de o acumulare de ioni pozitivi la catod care crește valoarea tensiunii în această regiune diminuând valoarea ei în spatele acumulării. Fenomenul este cunoscut sub denumirea de **cădere catodică**;

2. Inducția unui moment dipolar în vecinătatea electrozilor determină apariția unei tensiuni contraelectromotoare care diminuează valoarea câmpului inițial și care crește odată cu acestea.

Când căderea catodică sporește emisia de electroni tensiunea contraelectromotoare diminuează.

Fenomenul de polarizare modifică distribuția ionică din țesutul viu diminuând cu distanța de la suprafață.

Fenomenul polarizării în țesuturile vii poate îmbrăca mai multe forme:

a) Polarizarea ionică ce se produce prin deplasarea limitată sub acțiunea curentului electric a ionilor ce determină inducerea de momente electrice temporare;

b) Polarizarea dipolică, aspect reprezentat de orientarea axelor electrice ale moleculelor polare paralel cu direcția câmpului electric;

c) Polarizarea interfacială (între straturi), care se datorează neomogenității conductorilor biologici.

Modificările induse de fenomenele de polarizare în distribuția câmpului electric pot realiza neuniformități de distribuție care trebuie deosebite de neuniformitatea de distribuție prin volumul corporal neomogen și de cele rezultate din interacțiunea sa cu câmpurile electromagnetice biologice.

Așa cum am arătat în cadrul acestui subcapitol, efectul pelicular care are ca substrat formarea unor strimeri fundamentali realizați de expunerea organismului în câmpul electromagnetic printr-o singură undă este totuși un fenomen complex, care nu poate fi stăpinit în condițiile unei practici curente de explorare funcțională a organismului viu. Din aceste considerente, în explorarea electronografică efectul pelicular are un caracter orientativ și adeseori este exclus cu ajutorul unor tehnici de înre-

gistrare sau prin prelucrarea imaginilor în circuite de televiziune.

Mulți autori, analizând fotografia Kirlian numai sub aspectul descărcărilor marginale, îl aduc drept critică nereproductibilitatea strimerilor. Natura aleatorie a fenomenelor de strimeri este greu de înlăturat.

În explorarea electronografică am dezvoltat o serie de tehnici care să asigure reproductibilitatea fenomenelor, odată cu obținerea unei semnificații funcționale a imaginilor.

7.7. Obținerea efectului electromorf. În imaginea prin electroluminescență o mare parte din energia de impuls se pierde fără a se putea transforma în imagine.

Imaginea descărcărilor luminoase este preluată de pelicula fotosensibilă sub forma radiației în spectrul luminii vizibile la limita de separație a două medii electrice distincte sau de la nivelul canalelor de amorsare realizate prin migrarea ionilor pozitivi între plăcile condensatorului de expunere. Radiațiile ultraviolete sînt reținute în mare proporție ca și radiațiile infraroșii care apar, de asemenea, abundent.

Efectul electromorf este obținut printr-o conversie electronoptică cu ajutorul unui traductor chimic ce are un prag de excitație determinat pentru energia particulelor incidente. Componenta efectului electromorf nu-și găsește corespondență în imaginea de tip Kirlian.

Pentru a ne putea explica apariția imaginii ce realizează acest efect specific pentru electronografie, să revedem fenomenele ce se petrec la nivelul dispozitivului de înregistrare a imaginii electronografice.

Electronii sînt antrenați într-un circuit RC în care impedanța organismului investigat este înseriată cu condensatorul constituit de ecranul de înregistrare.

Ecranul se compune la rîndul său dintr-o armătură metalică ce primește impulsuri de foarte înaltă tensiune, acoperită de un strat uniform de substanță convertoare electronoptic și separată de organismul investigat prin intermediul unui dielectric transparent și omogen cu permittivitate relativ mare (cristal transparent). În acest condensator suprafața organismului investigat alcătuiește prin filmul hidrolipidic de suprafață o adevărată armătură biologică, opusă armăturii metalice. Senzorul fotosensibil se

găsește introdus între stratul dielectric și corpul investigat.

Să urmărim fenomenele ce se petrec în acest dispozitiv:

Impulsul de înaltă tensiune se aplică pe armătura metalică a condensatorului determinând apariția unui cîmp electromagnetic cu distribuție neomogenă pe armătura biologică a condensatorului datorită fenomenelor de atenuare pe care le suferă prin volum conductorul viu neomogen și anizotrop, precum și datorită interacțiunii cu cîmpurile electromagnetice proprii diferitelor organe și țesuturi. Această dispoziție a cîmpului va determina polarizarea dielectricului cu apariția unei densități de sarcini electrice neuniforme, de sens opus, pe suprafața de contact cu convertorul care reproduce prin scintilație în cîmp caracteristicile electrice ale organismului investigat. Polarizarea dielectrică va determina apariția unui flux local de electroni care excită substratul chimic trecînd electronii proprii printr-o stare de excitație tranzitorie care eliberează secundar fotoni ce se propagă prin dielectricul transparent, impresionînd în zonele de lumină senzorul interpus între organism și dielectric.

Spre deosebire de mecanismele care generează efectul pelicular, efectul electromorf este o captare suplimentară de lumină realizată prin transducție electronooptică, transferul de informație realizîndu-se prin intermediul cîmpului electromagnetice ce parcurge organismul investigat.

Obținerea efectului electromorf se realizează prin două etape fenomenologic distincte:

1. Realizarea proiecției cîmpului electromagnetic pe suprafața cutanată expusă electronografic, proiecție care reproduce neuniformitatea distribuției sale în structurile organismului în funcție de fenomenele de atenuare date de caracteristicile electrice ale țesuturilor vii, precum și de interacțiunea cu cîmpurile electromagnetice ale diferitelor organe și țesuturi.

2. Reproducerea acestei hărți de distribuție a cîmpului electromagnetic cu un sistem de transducție electronooptic. Aceasta se realizează prin ecranul de expunere în modificări de iluminare ale peliculei fotosensibile sau fotosenzorilor.

Stratul de luminofor prezintă emisie luminoasă datorită variațiilor de cîmp electromagnetic în care este in-

trodus. După natura emisiei de lumină, convertorii utilizați de noi sînt de tipul substanțelor fluorescente și fosforescente.

Emisia de lumină fluorescentă este secundară excitației substanței printr-o sursă de radiație primară și se caracterizează printr-o perioadă de emisie scurtă (de ordinul 10^{-9} — 10^{-6} s), după excitarea particulei absorbante. Lungimea de undă a radiației emise este determinată de ciocnirile secundare ale particulelor absorbante care poate pierde sau cîștiga energie (radiație Stokes sau „antistokes“). Fluorescența este datorată tranzițiilor electronice din starea energetică inițială în stări de excitație tranzitorii. Revenirea din starea excitată la starea fundamentală pentru diferite nivele de vibrație ale acestei stări este însoțită de emisia de radiație luminoasă.

Dacă electronul din tranziția de dezexcitare nu revine la starea fundamentală, ci se oprește într-o stare de tranziție metastabilă (în vecinătatea stării de excitație, proprietate caracteristică unor substanțe cu structuri complicate), atunci el poate suferi o revenire întîrziată la starea energetică inițială, remisii de radiație producîndu-se lent. Această tranziție secundară de pe un nivel energetic metastabil al electronului la starea energetică inițială generează fenomenul emisiei secundare fosforescente. Trecerea electronului direct de pe primul nivel metastabil în nivelul energetic inițial generează betafosforescența, în timp ce tranziția intermediară de pe nivelul metastabil pe primul nivel excitat cu revenirea ulterioară pe nivelul energetic inițial dă naștere alfafosforescenței.

Emisia fosforescentă în substanțele anorganice cristaline este un proces energetic complex și se datorează fenomenului de captare a electronilor într-o „capcană“ sau centru luminescent aflat în structura cristalelor. Energia de eliberare a electronului provine din vibrația rețelei cristaline. În felul acesta, centrii luminescenți din cristal fixează electronii, tranzițiile putînd fi făcute fie spre starea de excitație, fie spre starea fundamentală.

Nivelele energetice de excitație, cît și cele fundamentale pot fi controlate prin impurificarea dirijată a cristalelor realizîndu-se remisii de lumină în diferite spectre de culoare.

În sistemul de conversie electrono optică utilizat în electronografie se folosesc fie substanțe fluorescente, fie cele fosforescente în funcție de durata fenomenului luminos urmărit.

Trecerea electronilor de la un nivel energetic inițial la un nivel de excitație sau trecerea lor temporară pe un nivel energetic metastabil este realizată prin excitație în câmpul electromagnetic. Pragul de excitație al substanței în cazul cristalelor anorganice poate fi controlat prin gradul lor de impurificare care determină nivelul energetic al stării de excitație.

Utilizarea unor substanțe care sînt excitate la valori de tensiune diferite poate realiza, pe suprafața unui ecran cu o distribuție energetică neuniformă a câmpului, emisia unor radiații de intensitate și spectru diferite.

Remanența excitării substanței-luminofoare poate fi controlată putîndu-se obține efecte luminoase cu persistențe diferite și chiar culori diferite în funcție de fenomenul evidențiat.

Electronografia utilizează luminofoare cu remanență medie (pînă la o secundă) și cu o conversie spectrală în lumină vizibilă sau corespondentă filmului expus (ortocromatic, pancromatic sau color).

7.8. Originea culorii în imaginea electronografică. Fotografia Kirlian și apoi electronografia au dovedit posibilitatea obținerii în cursul descărcărilor electroluminescente a unor imagini directe în culori.

Apariția emisiilor de lumină în diferite zone ale spectrului de lumină vizibilă, precum și a unor radiații invizibile, cum sînt radiațiile X, ultravioletele înalte și — la extremitatea opusă a spectrului — radiațiile infraroșii, a dovedit că se poate obține o scară a energiilor emise ce permite analiza fină a fenomenelor luminoase.

Natura culorilor nu este încă pe deplin lămurită. Cercetările realizate în ultimul timp cu ajutorul metodei de spectrografie în electroluminescență aduc în acest sens cîteva date noi.

Principalele interpretări ale emisiei luminoase cromatice în legătură cu fotografia Kirlian au fost următoarele:

1. Procesul de formare a strimerilor, studiat cu ajutorul fotomultiplicatorilor de imagine în culori, a permis observația că clorchinele de ioni pozitivi, pe parcursul migrării lor, generează lumină albastră spre ultraviolet la extremitatea frontală a zonei de migrație și lumină roșie la extremitatea sa distală (Tiller). Apare astfel ușor de explicat o polarizare a strimerilor în funcție de viteza de propagare a ionilor pozitivi care realizează dependent de aceasta o modulație în frecvență a energiei luminoase emise asemănătoare fenomenului Doppler.

2. Natura mediului în care se face descărcarea influențează prin emisia luminoasă în zone spectrale caracteristice moleculelor excitate. Astfel, moleculele de azot excitate vor emite în albastru, în timp ce ionul de natriu emite în galben iar ionul de potasiu în roșu. În acest mod excitarea prin electroluminescență ar pune în evidență componenta fundamentală a moleculelor mediului gazos din vecinătatea zonei de descărcare.

3. Culoarea ar fi determinată de impedanța electrică realizată în punctul de descărcare. Zonele de impedanță electrică foarte mică emit predominant în roșu, în timp ce descărcarea prin impedanțe cu valori ridicate emite în tonalitate de albastru. S-a preconizat chiar utilizarea descărcărilor în înaltă tensiune pentru studiul hidratărilor celulare.

4. Natura catodului ca principală sursă de electroni a fost considerată ca redând valoarea energetică a scintei emise. Atunci când densitatea electronilor emiși în unitatea de timp este foarte mare, culoarea luminii eliberate este predominant albastru.

Cercetările de electronografie realizate pe peliculă colorată, cit și cercetările de spectroscopie ne-au furnizat următoarele date care permit să apreciem fenomenul cromatic al imaginilor în electronografie:

a) Emisia de lumină este dependentă de energie și în mod special de tensiunea impulsului aplicat corpului investigat. În condițiile unui impuls cu o valoare energetică determinată variația cromatică a luminii emise este în funcție de fenomenele de atenuare ale câmpului în structura investigată;

b) Lumina înregistrată pe fotosenzori depinde de energia particulară a electronilor la locul de formare a strimerilor, aceștia imprimând accelerații particulelor ioni-

zate în funcție de caracterele locale ale cimpului distribuit neuniform pe suprafața învelișului cutanat;

c) Spectrul de lumină emis suferă o polarizare energetică datorită interacțiunii cu materia vie care determină radiații energetice prin mecanisme complexe. Astfel, expunerea unui animal de experiență evidențiază o radiație predominant albastră în regiunea cefalică, în timp ce în regiunea cozii poate fi obținută o radiație cromatică roșie;

d) Emisia de lumină la același subiect uman este influențată de starea sa fiziologică. Stările de înaltă tensiune nervoasă și oboseală fizică se însoțesc cu o creștere a emisiei roșii, în timp ce stările de relaxare cresc predominant radiația albastră;

e) Emisia de lumină este influențată de polaritatea sursei: polaritatea negativă pe o suprafață biologică dă o creștere a emisiei în roșu și infraroșu, pe când inversarea polarității de descărcare influențează prin creșterea componentei de albastru și ultraviolet. Aceasta atestă rolul energetic al procesului de formare al strimerilor în obținerea culorii;

f) Descărcările luminoase prin scinteierea directă pe suprafața unui lichid imprimă culoarea specifică a ionului excitat de sursa de foarte înaltă tensiune. În condițiile descărcărilor pe suprafețe biologice valoarea emisiei prin excitarea ionilor constituenți permite evidențierea compoziției filmului hidrolipidic;

g) Conducția electrică a mediului în care se face descărcarea influențează prin diminuarea valorilor energetice ale tensiunii efective. Temperatura influențează, de asemenea, indirect prin acțiunea de agitație termică moleculară diminuând sau crescând emisia de lumină, mai ales în domeniul radiației roșii și infraroșii.

Toate aceste observații stau la baza tehnicii de analiză spectrală în electroluminescență care va fi prezentată pe larg în cuprinsul acestei lucrări.

Este necesar să adăugăm că obținerea imaginii electronografice în culori intervine într-o măsură importantă în special în ceea ce privește efectul electromorf, conversia cromatică fiind imprimată de stratul luminofor. Acesta poate converti radiațiile invizibile în spectru vizibil convențional în funcție de natura substanței luminofor și de gradul de impurificare.

EXPLORAREA ELECTRONOGRAFICĂ A ORGANISMULUI UMAN

8.1. Principii tehnice în explorarea organismului uman. Condițiile tehnice impuse de electronografie au prezentat la începutul explorărilor organismului uman un aparent dezavantaj față de metoda Kirlian: folosirea unui singur impuls cu valoare energetică superioară trenurilor de impulsuri de frecvență radio utilizate în fotografia de înaltă frecvență constituia un risc ce putea afecta funcția unor organe vitale, ca inima sau creierul. Este cunoscut faptul că odată cu creșterea frecvenței curentului explorator spre zona microundelor, acesta își reduce capacitatea de penetrație în țesuturi și totodată nu prezintă fenomenul excitării biologice.

Utilizarea impulsului electronografic cu mare putere de penetrație tisulară a necesitat adoptarea unor măsuri de protecție a organismului uman.

Principiile tehnologice au constatat în:

1. Limitarea valorilor energetice ale surselor FIT și controlul energiei impulsului aplicat în afara oricărui risc;
2. Protejarea organismului uman prin plasarea sa la masa sursei cu o riguroasă legătură cu pământul a acesteia;
3. Alegerea unor derivații fiziologice ce exclud organele vitale (inima și creierul);
4. Utilizarea unui dispozitiv de comandă automată a impulsului FIT sincronizat cu traseul electrocardiografic (fig. 8.1).

Condițiile tehnice de mai sus au condus la realizarea unei aparaturi de electronografie destinate explorărilor

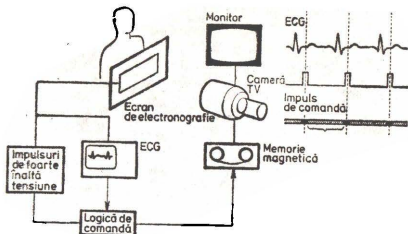


Fig. 8.1 — Schema de principiu a unui aparat de electronografie cu protecția ciclului cardiac prin descărcarea impulsului de foarte înaltă tensiune (originală).

organismului uman. Respectarea principiilor enunțate a permis obținerea unor imagini electronografice pe un număr mare de subiecți umani fără riscuri.

Electronografia a permis pentru prima dată obținerea unor imagini diferite de imaginile structurale ale investigațiilor radiologice și care reflectă caracteristicile electrice ale diferitelor organe și țesuturi.

Primele imagini electronografice ale organismului uman au fost obținute în anul 1975 (Dumitrescu) cu ajutorul unei surse de impulsuri FIT de formă fixă, utilizându-se ca strat de scintilație un ecran fluorescent cu remanența de 0,2 s, de tipul sulfurilor anorganice.

Explorările electronografice efectuate pe un număr mare de oameni în condiții de sănătate sau de boală au arătat că imaginile electronografice ale organismului uman au un caracter individual, exprimând în detalii de intensitate luminoasă și de spectru cromatic proprietățile electrice ale fiecărui organism în parte.

Imaginile electronografice pot reda caracteristicile electrice ale mediului electric proximal, ale învelișului electric cutanat sau ale organelor și țesuturilor profunde.

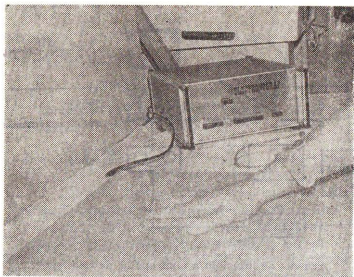


Fig. 8.2 — Instalație de electronografie (originală).

Aceste imagini ce explorează structuri de profunzimi diferite pot fi obținute prin modificarea parametrilor semnalului explorator, prin utilizarea unor ecrane cu conversie electronooptică la lungimi de undă diferite, precum și prin recompunerea spațială a două imagini obținute sub anumite unghiuri de incidență.

Imaginile electronografice ale corpului uman reproduc caracteristicile electrice prin interacțiunea spațială a cîmpului electromagnetic generat de un impuls FIT, cu un volum-conductor reprezentat de corpul uman. Imaginile vor fi dependente în această situație de următorii factori:

1. Caracteristicile cîmpului electromagnetic de FIT și variațiile sale spațio-temporare, precum și distribuția cîmpului electromagnetic explorator în interiorul organismului uman sînt date de anizotropia electrică a acestuia și de variațiile funcționale în timp.

2. Distribuția spațială a cîmpului între cele două armături ale condensatorului format de corp cu dispozitivul de înregistrare. Forma geometrică a electrodului pe care se aplică impulsul FIT determină și geometria spațială a cîmpului rezultat în dispozitivul de accelerare.

Ca urmare, liniile echipotențiale de distribuție a cîmpului pe suprafața organismului vor suferi modificări de care trebuie să se țină seama în aprecierea imaginilor electronografice.

3. Caracteristicile de scintilație ale luminoforului. Utilizarea unor luminofori cu caracteristici de conversie determinate permite diferențierea cîmpului la o anumită valoare de tensiune. În funcție de energia de scintilație, imaginea electronografică reproduce detalii determinate de distribuția cîmpului.

4. Electronografia organismului uman presupune, de asemenea, utilizarea unor sisteme de prelucrare a imaginilor în măsură să evidențieze caracteristicile electrice esențiale.

În funcție de acești factori, imaginile electronografice ale organismului uman suferă modificări importante. În identificarea detaliilor electronografice ale corpului uman și în interpretarea lor funcțională este necesară cunoașterea acestor factori.

Deși explorarea organismului uman a fost realizată și cu dispozitive de urmărire directă prin televiziune, cele mai demonstrative imagini au fost obținute prin înregistrarea grafică a imaginilor.

Vom prezenta în cele ce urmează observațiile realizate cu această metodă. Explorarea electronografică se poate efectua numai în condițiile în care corpul uman realizează un contact perfect cu dispozitivul de înregistrare. În interiorul zonei de contact cu ecranul, influența variațiilor de presiune atmosferică și temperatură se reduce la valori neglijabile, ceea ce permite explorarea în condițiile practicii clinice. Efectul pelicular rămîne totuși dependent de acești factori, deoarece el se produce în spațiul liber din afara organismului investigat.

8.2. Electronografia membrelor. Primele electronografii (ca și în metoda Kirlian) au fost obținute pe suprafețele palmare și plantare ale membrelor. Expunerea membrelor este facilitată de suprafețele plane ale palmelor și plantelor ce pot fi aplicate direct pe pelicula

fotosensibilă în contact cu expunerea. Pentru obținerea unor imagini de calitate este necesară îndepărtarea straturilor de grăsime și a sudorației excesive.

Imaginile electronografice ale palmelor și plantelor se disting printr-un efect pelicular determinat de condițiile expunerii și un efect electromorf mai mult sau mai puțin evident dependent de circulația membrelor investigate și de activitatea electrică a învelișului cutanat (aceste zone fiind principalele zone în sudorația psihogenă).

În interiorul palmelor au fost evidențiate uneori puncte electrodermice.

Denervarea regională a unui membru determină apariția unei imagini mai puțin luminoase cu descărcări marginale mai puțin sistematizate.

O constatare importantă în explorarea electronografică a membrelor a fost aceea că zonele musculare cu un tonus crescut realizează imagini mai întunecate, în timp ce musculatura relaxată determină imagini mai luminoase (fig. 8.3. a și b).

Electronografia palmelor și plantelor a permis obținerea unor particularități ale efectului pelicular determinate de reactivitatea subiectului explorat. Palmele unui subiect normal dau imagini cu descărcări regulate, fasciculate care se deosebesc în decursul unor explorări repetate. Acest aspect fascicular al strimerilor palmei se datorește activității ciclice a glandelor sudorale palmare. Așa cum a arătat Kuno încă din 1939, glandele sudorale nu sînt active în totalitate, ci numai o treime din ele se află în activitate, restul fiind în repaus secretor, urmînd să secrete numai în condițiile unor reacții vegetative intense. Așa se explică faptul că în timpul stării de somn narcotic (Mircea, Jianu, Dumitrescu, 1976), cînd, datorită faptului că prin blocarea fibrelor simpatice eferente transportul transmembranal al sudorii ca și expulsiile sa devin lente și difuze, strimerii marginali îmbracă de asemenea un aspect difuz (foto 5, 6).

Explorările electronografice palmare și plantare în condiții de hiperhidratare, prin ingestia unor cantități crescute de lichide, arată dispariția caracterului fascicular al



Fig. 8.3 — Electronografii (originale) obținute pe: a) mușchi relaxat;
b) mușchi contractat.

strimerilor datorită unei activități sudorale crescute (fig. 8.4).

Caracterul strimerilor mai este determinat de gradul de cheratinizare al epidermului și de numărul de glande sudorale. Aceste caractere îmbracă aspecte individuale în funcție de vîrsta și sexul subiecților (Guja, 1976).



Fig. 8.4 — Electronografie în condiții de luperhidratare (originală).

Imaginea electronografică a mâinilor are în felul acesta o semnificație antropologică (Săhleanu, Guja, 1976).

Sudorația excesivă determinată de factori endocrinici sau vegetativi generează o imagine mai puțin conturată și difuză (fig. 8.5). O scădere importantă a luminozității imaginilor electronografice palmare, precum și a numărului

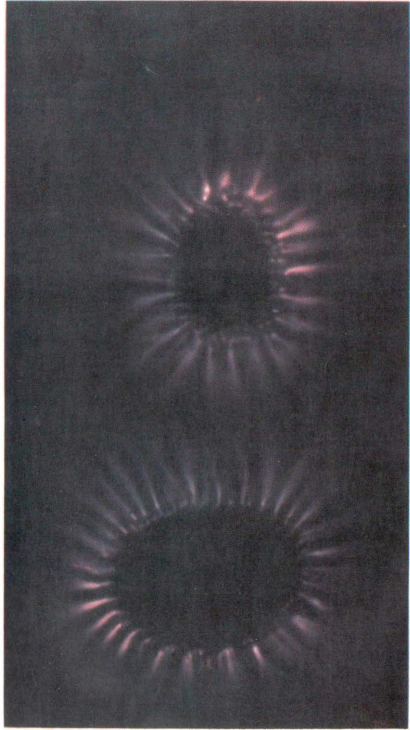


Foto 1. Imagini color obținute prin tehnica Kirlian pe vârful degetelor (prin bunăvoința I. Ingeberg).

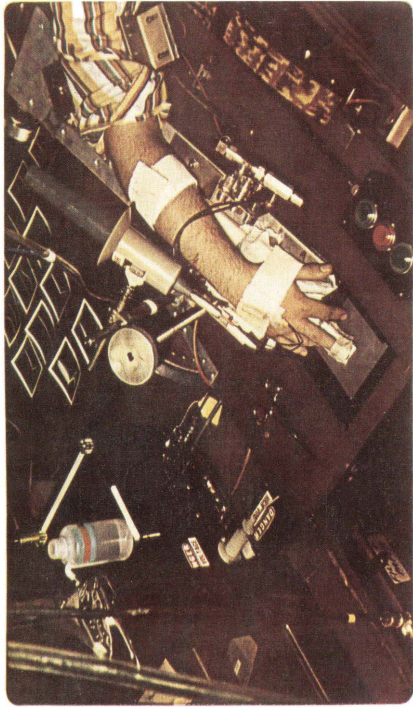
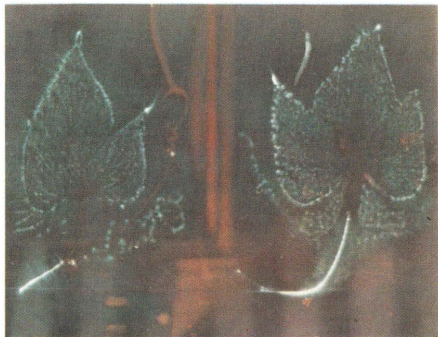


Foto 2. Dispozitiv utilizat de cercetătorii de la Universitatea Drexel (S.U.A.) pentru înregistrarea fotografiei Kirlian cu controlul factorilor de expunere (prin bunăvoința D. Faust).

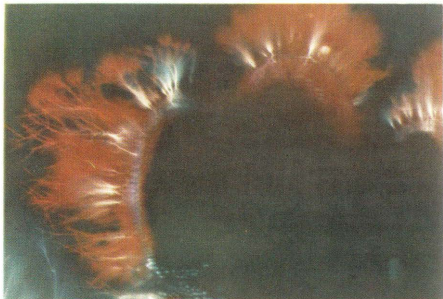


a

b



Foto 3. a) Imagini (originale) în electroluminescență pe frunze; b) imagini (originale) obținute folosind convertori electronooptici.



a



b

Foto 4. Efectul pelicular la același subiect: a) în stare de veghe; b) în timpul somnului (imagini originale).



Foto 5. Electronografie abdominală color (originală).

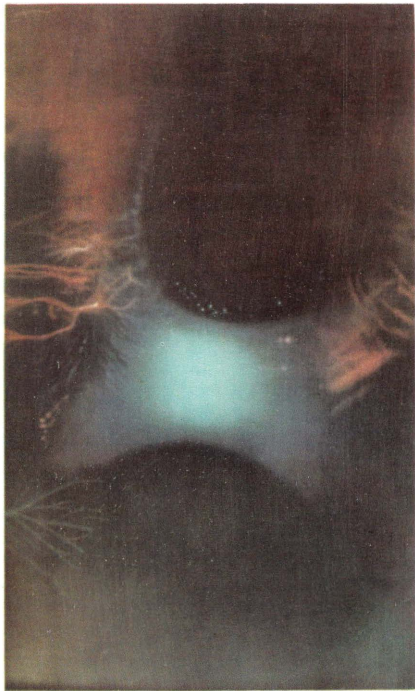


Foto 6. Radiația de interferență biologică (imagine originală).

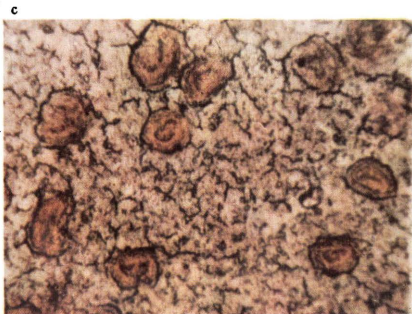
Foto 7. a) Microelectronografie cu viraj cromatic reprezentând o celulă de algă și o amibă; b) Microelectronografie cu viraj cromatic; c) Microelectronografie cu viraj cromatic a unor celule hepatice (imagini originale).



a



b



c



Foto 8. Electronografie color a unui cancer de buză (imagine originală).

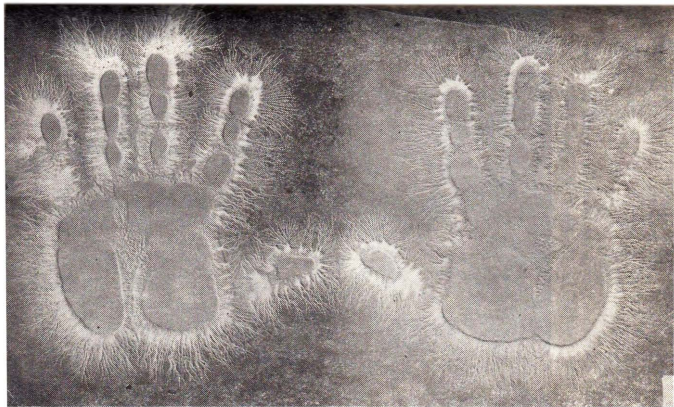


Fig. 8.5 — Electronografii ale miinilor cu evidențierea distribuției efectelor pelicular și electronorf diferențiate în funcție de caracteristicile electrice. Imagini prelucrate electronic (original).

rului de strimeri am constatat-o studiind modificările în cursul efortului dozat cu cicloergometrul. Imaginile în efort se caracterizează prin reducerea numărului de strimeri ce radiază în lumină vizibilă, precum și prin reducerea radiației în roșu și violet măsurate cu ajutorul spectrografiei în electroluminescență.

Efectul electromorf urmează modificările efectului pelicular, fiind condiționat atât de valoarea impedanței e-

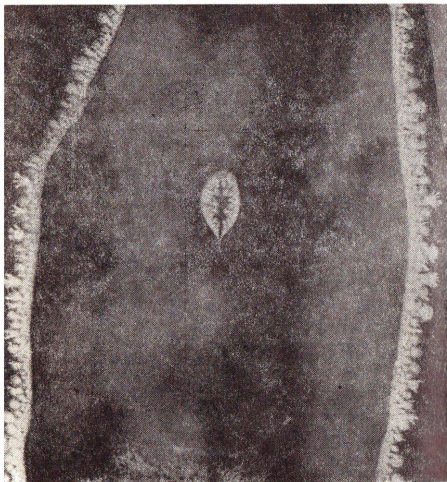


Fig. 8.6 — Imagine electronografică a abdomenului (originală).

lectrice a învelișului cutanat, determinată de sudorație, cât și de circulația în segmentul de membru investigat.

Explorarea electronografică în timpul umplerii sistolice a membrului evidențiază imagini mai luminoase comparativ cu imaginea aceleiași palme în timpul golirii arborelui arterial.

8.3. Electronografia abdomenului. Evidențiază distribuția unor zone luminoase sau întunecate reprezentând efectul electromorf (fig. 8.6).

Reprezentarea acestor zone în interiorul organismului uman nu are o semnificație anatomică bine definită. Zonele reprezintă distribuția cîmpului electromagnetic pe suprafața abdomenului, distribuție deformată de cîmpul propriu al diferitelor organe și în același timp de geometria cîmpului impusă de forma electrodului metalic. Zonele luminoase sînt dependente și de pragul de „aprindere” al luminoforului din dispozitiv.

În condițiile în care electrodul metalic este reprezentat de o suprafață metalică perfect plană de 40/40 cm, și luminoforul este aplicat etanș pe un dielectric omogen transparent, imaginile obținute au un caracter reproducibil.

Lojile renale sînt reprezentate prin zone de luminozitate redusă. Ombilicul apare reprezentat printr-un efect pelicular. Se remarcă zone întunecate longitudinale care sînt intercalate cu alte zone luminoase. Regiuni hepatice îi corespunde o zonă întunecată.

Imaginea abdomenului pune în evidență prezența unor zone luminoase și întunecate cu dispoziții asemănătoare pentru toți subiecții investigați (fig. 8.7).

Explorarea electronografică a abdomenului cu pelicule color reversibile de mari dimensiuni a evidențiat predominanța culorii roșii cu diferite nuanțe și intensități, iar în exterior (efectul pelicular) a culorilor albastru și roșu amestecate în diferite proporții. În regiunea hepatică efectul pelicular conține o mare cantitate de radiații albastre, în timp ce în regiunea splenică radiațiile albastre sînt foarte reduse (foto 5).

Pe suprafața abdomenului se remarcă prezența unui număr de puncte electrodermice care apar la valori ridicate ale impulsului de foarte înaltă tensiune, în special în condiții patologice (fig. 8.8).



Fig. 8.7 — Electronografie prelucrată electronic a abdomenului (originală).



Fig. 8.8 — Electronografie a abdomenului; se observă prezența a două puncte electrodermale (originală).

Explorările care se fac pe abdomen la diferite incidențe permit recunoașterea zonelor luminoase cu modificări determinate de unghiul sub care sînt înregistrate față de planul ventral.

O variație a imaginilor în funcție de unghiul de incidență reflectă proveniența lor dintr-un volum cu proprietăți electrice anizotrope. Aceste înregistrări obținute în poziționări diferite ale abdomenului permit obținerea unor recompuneri tridimensionale a imaginilor atât pe cale optică, cît și prin analiza electronică a imaginilor obținute sub unghiuri diferite.

8.4. Electronografia toracelui. Impune rezolvarea unor probleme tehnice deosebite menite să asigure protecția inimii prin declanșarea impulsului FIT în perioada refractară absolută a miocardului. Electronografia peretelui toracic prezintă interes în special în explorările sinusului. Imaginile electronografice obținute pe sin arată o distribuție neomogenă de zone întunecate și luminoase. Zonele glandulare realizează prin proiecția lor pe ecranul electronografic imagini luminoase.

Electronografia toracelui pune în evidență imaginea întunecată a inimii în care se pot distinge cavitățile mai luminoase.

Mușchii scheletali în stare de repaus sînt mai luminoși decît mușchii contractați.

Aceste constatări ne-au condus la concluzia că structurile cu intensă activitate electrică generează zone întunecate, în timp ce zonele luminoase apar în vecinătatea lor. Fenomenul poate fi considerat asemănător unei deflexii magnetice a fascicolului de electroni realizată de cîmpurile electromagnetice ale organelor electric active în momentul în care atenuarea curentului este critică.

În interiorul inimii apar evidente zone luminoase care reprezintă camerele atriale și ventriculare. Din acest contrast se poate recunoaște chiar aparatul valvular. Comparativ cu imaginea radiografică a inimii, electronografia aduce astfel un surplus de informații (fig. 8.9 a și b).

În hemitoracele drept apare o imagine luminoasă determinată de concentrarea liniilor de forță impuse de



Fig. 8.9 — a) Radiografia inimii unui subiect; b) Electronografia inimii pentru același subiect (originală).

cimpul electromagnetic al impulsului care întâmpină o rezistență și determină în același timp o ionizare intensă a aerului conținut în alveolele pulmonare.

8.5. Electronografia capului. Metoda nu prezintă riscuri dacă se realizează condițiile tehnice de protecție care exclud derivațiile transbulbiene. Imagini ale feței, ca și ale frunții, regiunii occipitale sau ale regiunilor temporale au fost realizate pe numeroși subiecți.

Se poate constata apariția unei imagini caracteristice luminoase în jurul orificiilor nazale și gurii, datorate emisiunilor de aer expirator. Aceste emisiuni de gaze, cu un bogat conținut în vapori de apă și ioni gazoși rezultați din transportul aerului pulmonar, dau aspecte caracteris-



Fig. 8.9. b

tice (imagini în „fulgi de zăpadă” — aeroioni liberi) (fig. 8.10).

Pe frunte apare, de asemenea, o zonă luminoasă ce poate fi atribuită sudorației psihogene abundente la acest nivel.

Imaginile obținute în derivații transcerebrale la omul în stare de veghe sînt mai luminoase decît cele obținute în stare de somn narcotic sau în condiții de comă prin decerebrare. Această diferențiere nu poate fi datorată



Fig. 8.10 — Imagine electronografică a feței (originală).

unei emisii din interior, considerînd craniul ca un înveliș ce dispersează pe suprafața sa liniile de conducție ale cîmpului electromagnetic, ci unor modificări de impedanță electrică superficială, determinate în principal pe piele. Se pot explica corect, oarecum, imaginile electronografice craniene nu ca expresie directă a unei energii psihice, ci ca o modificare psihofiziologică a activității electrice a învelișului cutanat.

Imaginile electronografice obținute pe față și în regiunea gîtului au pus în evidență un număr însemnat de puncte electrodermice.

Au fost obținute imagini electronografice la nivelul dinților (Negoescu, Dumitrescu). Imaginea electronografică a dintelui evidențiază o distribuție luminoasă cu caracter excentric în masa de dentină. Camera pulpară și spațiul peripulpar apar întunecate în imagine, în timp

ce pachetul vascular-nervos radicular apare bine evidențiat și luminos.

Pentru obținerea electronografiilor dentare s-a utilizat un dispozitiv asemănător ecranului electronografic de dimensiuni mai mici, realizat din polimeri acrilici.

O altă metodă care a fost experimentată în obținerea imaginilor la nivel dentar a fost obținerea unor mulaje pe polimer acrilic, suficient de gros pentru a asigura izolația electrică în interiorul dispozitivului. Pe suprafața amprentală s-a turnat un strat de emulsie fotosensibilă, iar după expunerea electronografică a dispozitivului astfel confecționat, emulsia a fost dezvoltată și fixată. Reproducerea imaginilor s-a făcut prin refotografiere.

Cadrul general și introductiv al acestei lucrări nu ne permite să dezvoltăm aspectele pur medicale ale unei semiologii specifice electronografiei. Într-o lucrare medicală de viitor vom defini posibilitățile de diagnostic complementar ale electronografiei.

**MĂSURĂTORILE ELECTRICE DE SUPRAFAȚĂ
ȘI IMAGINILE ELECTRONOGRAFICE**

9.1. Introducere. Imaginea în electroluminescență re-produce caracteristicile electrice ale organismului viu atit sub aspect pasiv (proprietăți electrice investigate cu ajutorul unei surse exosomatice), cit și sub aspect activ (organismul viu considerat ca sursă de tensiuni electrice).

Dacă impedanța electrică a organismului se reflectă în distribuția cimpului electric de foarte înaltă tensiune și deci poate fi pusă în evidență de către luminozitatea imaginii (prin efectul pelicular la suprafață și prin efectul electromorf în interior), proprietățile electrogene ale organismului se reflectă doar indirect prin interacțiunea lor cu cimpul electric creat de impulsul de FIT, interacțiune în care forța cimpului exterior este dominantă.

Organismele vii, în special organismul uman, au fost investigate prin măsurători electrice de foarte multă vreme.

Caracteristicile electrofiziologice s-au îndreptat mai ales spre explorarea învelișului cutanat prin intermediul căruia poate fi explorat mediul electric biologic.

Din punct de vedere electric, rezistența cea mai mare la trecerea curenților electrice din exterior este opusă de învelișul cutanat.

Din aceste considerente, în schemele electrice echivalente ale pielii (schema Freiburger) figurează ca o valoare determinantă impedanța zonelor de intrare și ieșire ale curentului electric (impedanța structurilor interne este de ordinul ohmilor, fiind considerabil redusă de conducția ionică ce se realizează în interiorul organismului viu). La o analiză a fenomenului de propagare a curentului electric în interiorul organismului se poate constata că rezistența electrică interioară este reprezen-

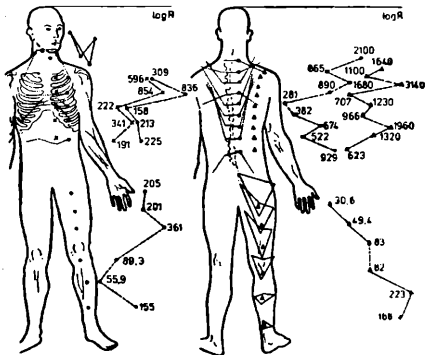


Fig. 9.1 — Repartiția valorilor de rezistență pe suprafața corpului uman (după Eöry).

tată de suma rezistențelor de trecere a ionilor conductori prin membrane în circuitul înscris transcorporeal. În schimb, rezistența electrică a învelișului cutanat atinge valori ridicate de ordinul zecilor și chiar sutelor de mii de ohmi. La aceasta contribuie atât straturile cu rol de izolație (straturile superficiale ale epidermului), cât și membranele cu conductibilitate electrică variabilă cunoscute ca bariere electrice ale învelișului cutanat (membrana dermoepidermică, precum și membrana bazală a glandelor sudorale).

Impedanța electrică a învelișului cutanat nu constituie un parametru constant. Ea variază de la o regiune anatomică la alta, precum și temporal (fig. 9.1).

Variațiile impedanței electrice sînt determinate în primul rînd de modificările realizate prin secreția sudorală care, prin fenomene de expulzie intermitentă declanșată printr-un mecanism neurovegetativ, produce o modificare a conținutului de apă și de electroliți de la supra-

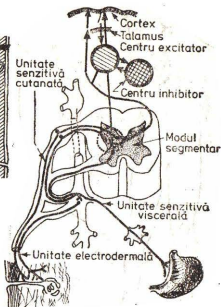
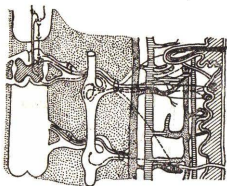


Fig. 9.2 — Căile și centril nervoși al controlului electrodermal.

fața pielii. Pe de altă parte, rezistența electrică a zonelor interglandulare, chiar în absența expulziei sudorale, își modifică valoarea datorită unei depolarizări cu caracter mai lent, determinată de terminațiile efectoare nervoase vegetative de la nivelul membranei dermo-epidermice.

Aceste modificări realizează pe suprafața învelișului cutanat aspectul unui mozaic dinamic de zone cu impedanțe electrice diferite, care se modifică prin mecanisme neurofuncționale.

Unul dintre cei mai importanți factori care declanșează mecanismul neurovegetativ al controlului activității electrodermale este activitatea psihică. Sub acțiunea unor factori psihogeni apar reflexe electrodermale care sînt reprezentate printr-o scădere bruscă a rezistenței electrice (fig. 9.2).

Edelberg reprezintă, într-o schemă echivalentă a pielii, rezistența electrică dermo-epidermică alimentată de o sursă electromotoare, în paralel cu rezistența transversală a glandelor sudorale care este alimentată la rîndul său de o sursă de tensiune cu valori superioare.

Fig. 9.3 — Modelul mecanismelor de control neuromoral al activității electrodermale (originală).

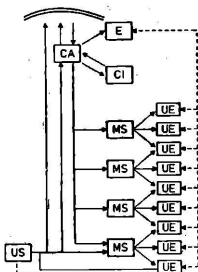
CA=centrul activator electrodermal;

CI=centrii inhibitori electrodermali;

MS=moduli segmentari;

UE=unitatea electrodermală;

US=unitatea senzitivă.



Am inclus această unitate funcțională dintre aparatul sudoral și membranele electrice ale pielii în noțiunea de unitate electrodermală alcătuită din terminațiile nervoase, glandele sudorale și porțiunea de membrană dermo-epidermică care sînt inervate de o singură fibră nervoasă simpatică eferentă. Aparatul complex care alcătuiește o unitate electrodermală acționează sinergic și sincron, realizînd o modificare localizată anatomic în funcție de întinderea zonei inervate (fig. 9.3).

Sursa de tensiune electromotoare în aceste condiții este realizată prin dispoziția în paralel și în serie a mai multor surse de tensiune:

1. Sursa dermo-epidermică realizată prin gradientul de potențial între mediul electric biologic și mediul electric de la suprafața învelișului cutanat.

2. Sursa secretorie sudorală determinată de secreția lentă bazală sau de secreția stimulată nervos în timpul reflexelor electrodermale. Ca și sursa dermo-epidermică, ea este polarizată negativ în interiorul organismului și pozitiv în exterior.

3. Sursa secreto-motorie generată de aparatul mioepitelial periglandular ce participă la expulzia lichidului sudoral glandular. Este o sursă temporară și de joasă frecvență (2—6 Hz) ce se sumează parțial cu unda de tensiune ce realizează efectul.

4. Sursa de tensiune rezultată din gradientul de concentrație electrolitică dintre lichidul sudoral și lichidul de suprafață mai bogat în cationii restanți prin evaporarea apei sudorale. Această sursă este orientată între orificiul sudoral și suprafața învelișului cutanat.

5. Sursa de resorbție sudorală, care este orientată invers primelor două și apare prin resorbția parțială a lichidului sudoral. Este o sursă continuă de valoare mică. Acestei surse i-a fost atribuită deflexia negativă a curbei de potențial a reflexului electrodermal al palmei (Lloyd).

6. Surse electrice de suprafață care apar prin existența unor dipoli electrice de suprafață generați prin conexiuni tranzitorii între zone cu o activitate electrică diferită. Ele sînt greu de sistematizat, deoarece suferă numeroase schimbări determinate funcțional diferit. Acestea sînt surse de curent continuu cînd sînt generate prin activitatea electrodermală lentă sau sînt surse alternative de joasă frecvență (10 Hz), ele apărînd ca o consecință a modificărilor, ce se reflectă pe suprafața pielii, a unor cîmpuri electromagnetice generate de organele interne (inimă, viscere abdominale). În cadrul acestor surse de suprafață pot fi incluse și sursele ce apar în zonele cu activare electrică patologică (zone de activare electrodermală).

9.2. Activitatea electrodermală. Pe suprafața pielii se reflectă o serie de fenomene funcționale determinate de funcțiile organelor interne (fig. 9.4).

În condiții fiziologice, aceste modificări traduc activitatea diferită a grupelor de unități electrodermale.

Se cunoaște o distribuție caracteristică a zonelor de activitate electrică psihogene sensibile la variațiile rapide de tonus simpatic, ce determină reflexele electrodermale. Ele sînt reprezentate de zonele sudorale, palmare, plantare și cele localizate pe frunte, cunoscute ca zone sudorale psihice.

Mecanismul apariției reflexelor electrodermale a fost studiat prin numeroase cercetări de electrofiziologie care au demonstrat participarea unor centri nervoși din creierul mijlociu, precum și a unor zone ce sînt incluse în formația reticulată cerebrală sau în ariile vegetative corticale. Ele realizează mecanismele declanșării și întreținerii reflexelor electrodermale. Au fost evidențiate,

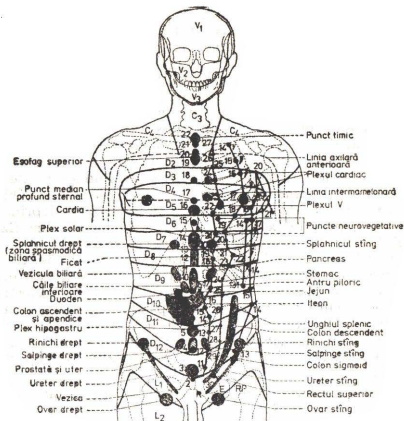


Fig. 9.4 — Schema de proiecție cutanată a zonelor reflexogene viscerele (după Jaricot).

de asemenea, căile prin care sistemul nervos central controlează activitatea electrodermală și care aparțin sistemului nervos simpatic periferic (fibre colinergice post-ganglionare).

Rolul fibrelor nervoase simpatice eferente în controlul activității electrodermale este mai complex, el intervenind simultan și în alte mecanisme de reglare energetică (termoreglare, vasoconstricție, consum energetic celular etc.).

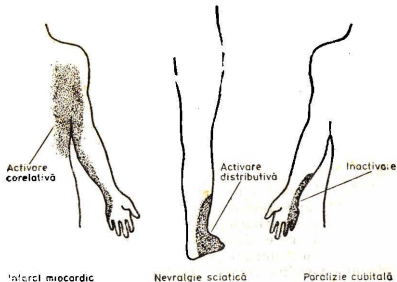
Cercetările de electrofiziologie au condus, firesc, la interpretarea semnificației reflexelor electrodermale. Ele sînt determinate, după cum știm, fie de stările cu caracter neobișnuit care declanșează o reacție vegetativă complexă de alertă (creșterea tensiunii arteriale, vasoconstricția,

creșterea ritmului cardiac etc.), fie de autostimuli care apar din procese psihice ce anticipează posibile agresiuni sau inducție psihică a unei stări cu caracter reactiv, stări care se însoțesc, mai mult sau mai puțin accentuat, de fenomene de răspuns ce alcătuiesc reacția vegetativă de alertă. Organismul, în aceste condiții, deosebite de starea sa bazală, declanșează o expulzie sudorală ce apare pe principalele zone de schimb electric ale organismului uman, ca: palmele, plantele și capul. Zonele sudorale psihogene se păstrează în decursul dezvoltării filogenetice de la animalele patrupede, aceste zone fiind singurele înzestrate cu glande sudorale la mai multe specii. Odată cu trecerea la stațiunea bipedă și multiplele deprinderi manuale, miinile păstrează și dezvoltă capacitatea fiziologică a omului de a comunica electric cu mediul ambiant, fiind printre cei mai sensibili traductori ai activității sale psihice. Plantele își conservă funcția lor de legătură electrică cu solul, iar capul își dezvoltă proprietăți electrice noi pe măsura dezvoltării vieții psihice a omului actual. Astfel, rezistența electrică măsurată pe pielea capului înregistrează valorile cele mai scăzute în comparație cu media valorilor de impedanță măsurate pe suprafața corpului.

Aceste schimburi electrice pe care organismul uman le conservă în relațiile sale cu mediul electric se dezvoltă odată cu viața psihică complexă pentru care este adaptat.

9.3. Activitatea electrodermală în condiții patologice. Proprietățile electrice cutanate prezintă o serie de modificări determinate de condiții patologice. Primele observații în acest sens au fost obținute de C. Richter și școala de psihofiziologie din Baltimore cu ajutorul tehnicii dermometrice (măsurarea rezistenței electrice de suprafață). Aceste modificări au fost atribuite leziunilor centrale sau periferice ale căilor nervoase ale controlului electrodermal și au fost studiate comparativ cu leziuni chirurgicale ale acestor căi (fig. 9.5).

În anul 1969 a fost pusă la punct o metodă complexă de explorare electrodermală a organismului uman prin măsurarea simultană a mai multor parametri electrice și fiziologici selectivi (rezistență, capacitate, potențial, temperatură, vasoconstricție etc.) (Dumitrescu și Golova-



Infarct miocardic

Nevralgie sciatică

Paralizie cubitală

Fig. 9.5 — Tipuri de modificări ale activității electrice cutanate.

nov). Aceste înregistrări au permis sistematizarea principalelor tipuri de modificări care apar din punct de vedere electric pe suprafața învelișului cutanat.

Modificările electrice cutanate au putut fi sistematizate în următoarele grupe după criteriul parametrilor electrice:

9.3.1. Modificări electrice de origine locală. Acestea se pot produce pe diverse căi: prin leziuni cutanate; de origine sudorală; de origine vasculară; prin leziuni nervoase locale.

În această categorie de afecțiuni se produc modificări limitate la o zonă precis localizată în care una dintre cauzele menționate acționează fie printr-o leziune cutanată, în care potențialul electric de suprafață este anulat practic de potențialul electric al mediului electric intern (potențial de leziune), fie se produc modificări cu caracter iritativ sau de denervare care se manifestă în primul caz printr-o creștere a conductivității și a electrogenezei cutanate, fie printr-o diminuare a acestora cu inerția variațiilor temporale în cel de-al doilea caz.

9.3.2. Modificările electrodermale cu caracter general. Se caracterizează printr-o creștere a conductivității care poate fi însoțită sau nu de creșterea valorii potențialelor electrice cutanate, sau printr-o diminuare a conductivității cu o scădere a potențialelor electrice de suprafață. Aceste modificări în stimularea și inhibiția activității electrodermale sînt datorate modificărilor de permeabilitate ionică a „barierelor electrice cutanate” sub acțiunea unor factori nervoși care acționează nespecific, cu caracter general.

9.3.3. Modificările electrodermale zonale cu caracter reflex. Apar pe suprafața învelișului cutanat ca urmare a unor procese de iritație sau prin leziunea unor căi sau centri nervoși care determină modificarea activității spontane a unor unități electrodermale corelate neurofuncțional cu sediul acțiunii unor stimuli patologici.

În cadrul acestor modificări se disting mai multe tipuri de activări electrodermale caracterizate prin creșterea conductivității și a electrogenezei cutanate (activarea punctiformă, activările zonale corelative și distributive), precum și inactivarea electrodermală datorată unui proces lezional cu denervarea zonală a unităților electrodermale. Ea se caracterizează prin diminuarea conducției și electrogenezei cutanate cu dispariția reflexelor electrodermale (fig. 9.6).

O formă de analiză a activității electrodermale o constituie măsurătorile sau înregistrările comparative față de planul de simetrie metamerică a corpului. Se disting asimetrii valorice sau zonale ale reflexelor electrodermale.

Am considerat necesară această prezentare succintă a principalelor modificări electrodermale în condiții funcționale și patologice, deoarece acestea își găsesc corespondențe în imaginile electronografice ce vor fi interpretate în funcție de datele furnizate de măsurătorile electrice de suprafață.

9.4. Corespondența modificărilor electrice de suprafață în imaginile electronografice. Electronografia evidențiază fenomenele electrice de suprafață prin rolul învelișului cutanat ca electrod de referință în dispozitivul de înregistrare.

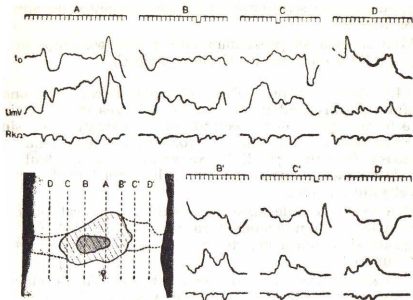


Fig. 9.6 — Cancer de cap de pancreas. Explorări electrice de potențial, rezistență electrică și temperatură cu caracter de simetrie față de linia mediană și delimitarea zonelor electrice active (originală).

Este evident că orice modificare a impedanței electrice de suprafață va produce o modificare în distribuția cîmpului electromagnetic pe armătura opusă a capacitorului și deci va declanșa o scintilație diferită care va modifica la rîndul său imaginea înregistrată de fotosenzor.

Dar imaginea electronografică, așa cum am mai arătat, nu reprezintă numai reproducerea unor fenomene electrice de suprafață, ea reflectă în același timp și interacțiunea cîmpului electromagnetic al impulsului cu cîmpurile electromagnetice ale diferitelor organe și țesuturi. În felul acesta, imaginea electronografică reprezintă o suprapunere între fenomenele electrice de suprafață și fenomenele de restructurare ale cîmpului electromagnetic din interiorul organismului.

Modificările electrice cutanate în condiții patologice își găsesc corespondența în imaginile electronografice.

Evidențierea tuturor modificărilor electrice cu ajutorul metodei electronografice poate fi realizată prin expuneri multiple în diferite condiții de înregistrare (amplitudini diferite ale impulsului, dielectrics cu diferite permitivi-

tăți, straturi de scintilație cu nivele energetice de aprindere diferite).

Vom încerca să prezentăm câteva corespondențe între explorările electrometrice și electronografice.

9.4.1. *Activarea punctelor electrodermice.* Electronografia a permis pentru prima oară obținerea unor imagini directe ale punctelor electrodermice activate. Ele sînt reprezentate în imaginile electronografice de o zonă luminoasă formată din linii concentrice cu spectrul de emisie în roșu intens și infraroșu, distinctă față de restul învelișului cutanat.

Punctele electrodermice corespund în general punctelor cunoscute din acupunctura tradițională, dar ele pot fi găsite și în afara punctelor figurate în atlasele clasice de acupunctură.

Cu caracter statistic a fost demonstrată legătura punctelor cu modificările patologice ale organelor interne. Ele corespund corelațiilor care le-au fost atribuite neurofuncțional.

Măsurători electrice pe punctele găsite electronografic au dovedit convingător că ele corespund unor puncte de minimă rezistență electrică iar valoarea a fost găsită inferioară valorii de 80 K Ω .

Înregistrarea potențialului electric la nivelul punctului central față de zonele învecinate a fost în medie de 42 mV, cu limitele extreme 8—65 mV, comparativ cu valori mult mai mici pentru tegumentul indiferent (în medie 6 mV).

Aceste observații demonstrează că apariția punctului electrodermic în imaginea electronografică este datorată unei străpungeri a cîmpului electromagnetic rezultat prin punctul de minimă rezistență. Străpungerea antrenează vapori de apă și gaze în stare ionizată care realizează o distribuție concentrică luminoasă sub influența unor interacțiuni cu efect energetic determinat.

În condiții patologice se poate constata apariția unor puncte distribuite pe un teritoriu cutanat întins. Astfel, în sindroamele cu activare electrică distributivă datorate procesului de iritație pe ramuri nervoase, ca în cazul sindroamelor de iritație peritoneală, se constată apariția

unor numeroase puncte electrodermice pe suprafața abdomenului.

În sindroamele disfuncționale se poate constata prezența unui punct cu o suprafață mai mult sau mai puțin extinsă, în funcție de gradul de reprezentare al fenomenului patologic (localizare, intensitate), ceea ce dovedește dominanța punctului electrodermic descrisă de Podsibiakin.

Punctele electrodermice evidențiate cu ajutorul imaginii electronografice sînt de dimensiuni diferite. În anumite condiții patologice ele pot fi întinse ajungînd pînă la dimensiunile unei zone de activare. În aceste condiții zona centrală a punctului se extinde sau apar în jurul ei un număr de alte zone întunecate. Cercurile luminoase concentrice lor se extind mult în suprafață ajungînd la dimensiunile unei zone localizate. Acest fenomen de extindere în suprafață a unui punct electrodermic a fost observat și cu ajutorul măsurătorilor electrice de suprafață.

Un alt caracter al punctelor evidențiate electronografic este variabilitatea prezenței lor în funcție de diferite momente funcționale ale înregistrării. Astfel, ele pot fi găsite pe mai multe filme electronografice realizate succesiv sau numai pe unele dintre ele. Acest fenomen este explicat prin fluctuația valorilor de rezistență electrică realizată printr-un mecanism de control vegetativ permanent.

Punctele electrodermice evidențiate prin examenul electronografic se pot restrînge sau extinde în suprafață, imaginea electronografică confirmînd fenomenul de ocluzie-fenestrație evidențiat de noi anterior.

Evidențierea punctelor electrodermice prin numeroase înregistrări cu parametri electrice diferiți va putea permite nu numai clasificarea lor funcțională, dar va putea oferi un criteriu important de orientare diagnostică.

9.4.2. Activări electrodermale. Scăderea impedanței electrice cutanate într-o zonă determinată se traduce prin creșterea luminozității în regiunea respectivă însoțită și de o modificare a componentei spectrale a emisiei luminoase.

Zonele de activare electrică cutanată se transpun electronografic prin imagini luminoase. Zonele de activare inflamatorii distributive sau corelative se traduc prin creșterea emisiunii luminoase atât în emisie de radiații ultraviolete și albastre, lumină vizibilă, cât și în infraroșu.

Activările circumscrise proceselor tumorale cresc emisia de radiații albastre și roșii cu predominanță ale valorilor extreme.

Tumorile lichidiene emit în roșu spre deosebire de tumorile solide care emit dominant în albastru și roșu, cu o intensitate ce depășește cu mult pe cea din fenomenele inflamatorii care dau emisie în zona de roșu și infraroșu.

Activările distributive sînt mai bine reprezentate electronografic decît activările corelative care de multe ori se reduc la apariția unor puncte electrodermice.

9.4.3. *Inactivările electrodermale.* Pierderea controlului simpatic periferic are drept urmare creșterea impedanței electrice și prăbușirea potențialului electric de suprafață. Aceste fenomene se traduc electronografic prin modificarea descărcărilor marginale, precum și prin reducerea efectului electromorf în zonele denervate. Simultan cu aceste modificări se constată și o scădere a emisiunii în infraroșu cu creșterea procentului de radiație de ultraviolete.

9.5. *Corelații între aspectele termografice și imaginile electronografice.* Fenomenele termice de pe suprafața corpului uman, ca și cele transpuse din profunzimea sa sînt reflectate atât direct, printr-o accentuare a emisiei luminoase în zona respectivă, cât mai ales indirect, prin procesele de activare electrică de suprafață pe care le realizează hipertermia prin activarea aparatului secretor sudoral și prin modificarea tonusului vegetativ și periferic ce crește afluxul sanguin spre derm.

Conjugarea fenomenelor termice cu cele electrice ne-a determinat să adoptăm noțiunea de homeostazie energetică (Dumitrescu, 1977). Cercetările comparative prin metode termografice și electronografice ne-au permis să constatăm modificări corelate în numeroase cazuri de patologie.

Mult mai semnificativă ne apare corelarea spectrometriei în electroluminescență cu termografia. Astfel, creșterea temperaturii locale se asociază cu creșterea notabilă a emisiei în infraroșu și roșu.

Credem că explorarea conjugată electronografică și termografică, însoțită cu analiza spectrală a radiației, va fi de un real folos în diagnosticul tumorilor maligne umane.

IMAGINI ELECTRONOGRAFICE ALE MEDIULUI ELECTRIC PROXIMAL

10.1. Introducere. Electrografiile obținute prin tehnica Kirlian au adus, pentru prima dată, dovezi asupra existenței unui înveliș gazos în jurul organismului uman, diferențiat de la individ la individ și care se modifică temporar la același individ. Acest înveliș gazos este influențat de activitatea biologică a organismului, în special de schimburile energetice ale acestuia cu mediul electric extern. „Anvelopa” energetică se manifestă atât prin fenomene ondulatorii, cât și prin fenomene corpusculare. Imaginile de tip Kirlian au determinat pe biofizicieni să accepte cele două categorii de fenomene, fenomenologie complexă care a fost definită prin noțiunile de „biocîmp” sau „bioplasmă”, în accepția existenței unei substanțe polimorfe, în stare gazoasă, alcătuită din electroni, ioni și atomi neutri în permanentă interacțiune cu cîmpurile electromagnetice biologice și cu cele ale mediului electric extern. Această organizare (pentru care denumirile de „biocîmp” sau „bioplasmă” le considerăm improprii, deoarece ele definesc numai natura ondulatorie sau corpusculară a fenomenelor) se află într-un echilibru termodinamic instabil (sarcina electrică spațială caracterizîndu-se printr-o serie de oscilații locale și de ansamblu).

În accepția teoretică expusă mai sus, întemeiată pe date experimentale furnizate de metodele electronografice, am preferat denumirea de mediu electric proximal, noțiune care desemnează acea zonă din mediul înconjurător prin care organismul viu interacționează cu mediul electric extern energetic și corpuscular.

Mediul electric proximal este sediul unor fenomene fizice ce reflectă atât particularitățile biologice ale orga-

nismului viu, cit și răspunsul acestuia la condițiile proprii ale mediului.

Dacă fenomenele bioelectrice de suprafață (de care ne-am ocupat anterior) reprezintă prima interfață între organism și mediul electric extern, în contiguitate cu structurile de înveliș se plasează cea de-a doua interfață, care se continuă cu sfera fenomenologică a mediului electric extern.

Spre deosebire de fenomenele bioelectrice de suprafață, fenomenele ce se petrec în mediul electric proximal sînt dependente, în mare măsură, de factori din mediul înconjurător, iar fenomenele de homeostazie biologică intervin numai în mică măsură asupra acestora.

Este interesant de semnalat că biologia și medicina s-au ocupat în primul rînd de explorarea electrofizică a organismului viu, explorîndu-se caracteristicile mediului electric intern ca date certe ușor de supus unor interpretări directe. Astfel, electrocardiograma poate reflecta în modul cel mai direct o suferință electrică a miocardului.

Cu timpul, explorarea electrofiziologică s-a extins la limita de separație a mediului electric biologic cu mediul electric extern, fenomenele bioelectrice de suprafață avînd semnificația funcțională a unei legături cu mediul electric.

Interpretarea acestei categorii de fenomene este mai dificilă, ea presupunînd cunoașterea unor conexiuni de ordin energetic și informațional între structura vie și mediul diversificat care o înconjură.

Dar dincolo de această sferă fenomenologică, explorările prin electroluminescență aduc în atenția biologului mediul electric de vecinătate care poate fi investigat direct odată cu organismul viu. Este evidentă limita cunoașterii științifice în acest domeniu de o covîrșitoare importanță.

Considerăm că utilizarea tehnicilor electronografice va permite medicinei să cunoască boala sub aspectul factorilor patogeni din punct de vedere electric, și nu numai ca fenomen perturbator al echilibrului bioelectric general, reușind astfel să contribuie la o profilaxie eficientă.

10.2. Explorarea electronografică a mediului electric proximal. După cum am arătat anterior, evidențierea efectului pelicular prin tehnica electronografică sau a mul-

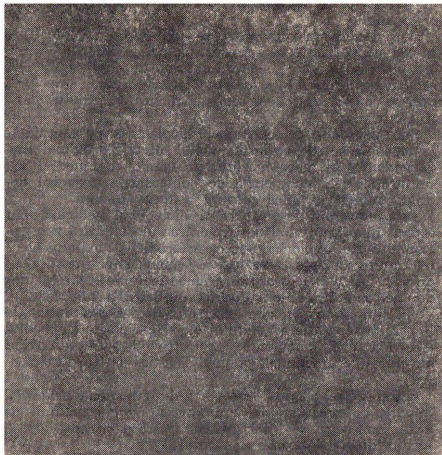


Fig. 10.1 — Imagini electronografice (originale) ilustrind structurarea mediului electric proximal prin respirația unor microorganisme: a) Eprubetă cu germenii vii; b) Eprubetă cu germenii morți.

tipicărilor sale sub forma aurei caracterizind efectul Kirlian nu relevă decit în mod indirect fenomenele de schimb electric prin explorarea caracteristicilor de conductivitate electrică și permeabilitate magnetică a mediului electric proximal. Orice schimbare în calitățile acestuia va fi semnalată prin forma și intensitatea luminoasă a descărcărilor. Fenomenele devin reproductibile prin păstrarea riguroasă a condițiilor de lucru. Variațiile termice, de umiditate, compoziția chimică a aerului, starea sa electrică (gradul de ionizare prealabilă) au o importanță esențială în explorarea acestor fenomene. Investigarea electrono-



Fig. 10.2 — Imagine electronografică (originală) în care se observă apariția unor efecte de luminozitate generate prin vaporii de apă din jurul mîinii.

grafică a mediului electric proximal arată că descărcările locale se realizează prin canale ce se orientează aleatoriu (în funcție de factorii ambientali enumerați mai înainte), dar structurarea globală a imaginii electronografice a mediului electric proximal este reproductibilă pentru aceleași stări morfofuncționale ale organismului investigat (fig. 10.1 și 10.2).

10.3. Evidențierea stratului de aeroioni aderenti. Utilizînd tehnica electronografică, am reușit — prin atenuarea cîmpului electromagnetic (generat de impulsul de

foarte înaltă tensiune) pînă la o valoare critică determinată de caracteristicile mediului electric proximal — să obținem primele fotografii care pun în evidență o zonă structurată din mediul proximal care poate fi reprodusă la expuneri repetate (fig. 10.3).

Zonele astfel orientate se compun din straturi succesive ce înconjură organismul viu reproducînd detaliile învelișului cutanat. Astfel, imaginile obținute la nivelul



Fig. 10.3 — Stratul aeroionilor aderenți (originală).

miinilor prezintă linii concentrice ce reproduc configurația șanțurilor papilare. Din loc în loc se constată prezența unor descărcări fasciculare determinate de nuclee de condensare de vapori de apă ce produc amorsări locale.

Am denumit acest strat gazos, fixat de învelișul cutanat, strat al aeroionilor aderenți. El reprezintă un mediu de tranziție între mediul biologic și mediul electric exterior și este generat prin evaporarea lichidului sudoral, conținând, pe lângă vaporii de apă, electroliți în stare ionică sau legată, ioni organici, precum și amestecuri de gaze rezultate din respirație. Aderența acestor formații de țesutul biologic este realizată prin forțe de natură electrostatică și triboelectrică.

Stratul de aeroioni aderenți este reînnoit în permanență prin activitatea metabolică a învelișului cutanat și evacuat ritmic prin transpirație și respirație tisulară sau prin descărcări bruște declanșate prin mecanisme neuroreflexe, ca în cazul reflexelor electrodermale. O parte din conținutul acestor eliminări este reținută sub forma aeroionilor aderenți și structurată sub forma unor „linii de forță” ale atracției exercitate de organismul biologic, iar o altă parte este eliberată în mediul înconjurător sub forma aeroionilor liberi.

Stratul aeroionilor aderenți are un rol important în fenomenele de exterorecepție și mai ales în cea superficială, transmitând informațiile corpusculilor receptori. De asemenea, acestui înveliș i se pot atribui funcții în recepția și transmisia spre exterior a unor informații electromagnetice.

Informații prețioase privind acest strat al mediului electric proximal vor putea fi obținute prin analiza sa spectrală.

10.4. Aeroionii liberi. Înregistrarea electronografică a unor imagini obținute pe eșantioane de aer expirat pune în evidență existența unei zone luminoase (fig. 10.4). Imaginile au o structură corpusculară cu prelungiri filiforme (imagini de „fulgi de zăpadă”) care sînt orientate în sensul curentului aerian. Aerul expirat depozitat în pungi de material plastic își pierde treptat proprietățile sale electroluminescente. Imagini similare au fost obținute pe suprafața corpului uman în condiții de transpirație abun-

dentă sau prin expunerea rapidă a lichidului sudoral sub acțiunea unui curent de aer uscat și cald.

Prezența abundentă a aeroionilor liberi am semnalat-o și în regiunile afectate de procese ischemice periferice. În aceste cazuri am interpretat apariția fenomenului prin intensificarea schimburilor respiratorii cu caracter compensator pentru deficitul de irigație sanguină (fig. 10.5 a și b).

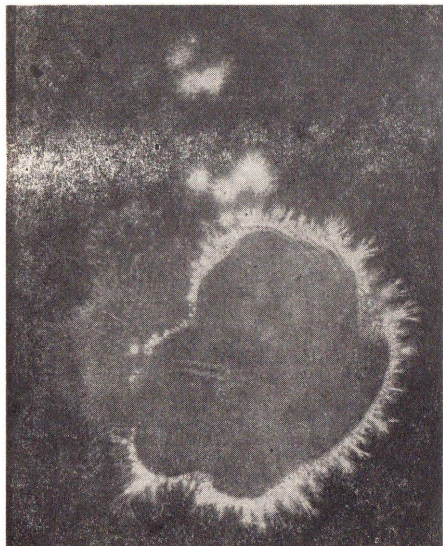


Fig. 10.4 — Acroioni liberi în aerul expirat (originală).



Fig. 10.5 — a) Electronografia unui picior cu sindrom ischemic periferic (originală); b) Electronografia unui picior sănătos (originală).



Fig. 10.5. *b*

Schimbul electric prin intermediul aeroionilor liberi este un mecanism recunoscut în electrofiziologia modernă. Alveolele pulmonare, ca și suprafața învelișului cutanat oferă o suprafață activă extrem de mare a schimburilor prin intermediul aeroionilor liberi, descărcînd un exces energetic pe care organismul uman îl realizează în cursul proceselor funcționale.

10.5. Radiația de interferență biologică. Metodele de explorare în electroluminescență a organismului viu au evidențiat un interesant fenomen de origine electrică a cărui semnificație trebuie căutată în procesele de schimb energetic ale organismului uman. În limita de separație a zonelor peliculare dintre două degete apare uneori o radiație electromagnetică în spectrul ultraviolet și vizibil, net diferită de fiecare efect pelicular în parte. Astfel, la înregistrările care se fac pe doi subiecți ale căror mîini sînt apropiate, în intervalul de separație dintre cele două efecte peliculare apare o radiație nestructurată cu un spectru cromatic diferit de cel al fiecărui subiect în parte (foto 6). Apariția acestei radiații poate fi atribuită interacțiunii dintre cele două medii electrice proximale sub acțiunea excitatoare a impulsului FIT. În limita de separație a celor două medii proximale și cînd condițiile determinante sînt realizate, apare o radiație electromagnetică în spectru vizibil și în ultraviolet.

Aceste fenomene au fost observate și la celule izolate sau în culturi de celule. Dacă în două tuburi de material plastic se introduc separat hematii prelevate de la subiecți diferiți și izolate prin centrifugare, la o anumită distanță critică dintre cele două tuburi poate fi evidențiată o zonă de radiație puternică în ultraviolet.

IMAGINEA ELECTRONOGRAFICĂ A PUNCTELOR DE ACUPUNCTURĂ

Proprietățile electrice ale punctelor de acupunctură tradițională extrem-orientală au fost studiate de noi începînd din anul 1962, cercetări care ne-au condus la caracterizarea funcțională a acestor puncte prin trei proprietăți electrice care le diferențiază de tegumentul înconjurător:

1. Conductivitatea electrică crescută (valori de ordinul zecilor de $k\Omega$);
2. Potențialele electrice cu valori superioare tegumentului înconjurător (valori de ordinul milivoltilor);
3. Capacitatea electrică crescută (valori de ordinul a $0,1 \mu F$).

Aceste puncte au fost denumite de asemenea puncte electrodermice.

Studiul lor ne-a permis realizarea celor mai exacte metode de detecție și explorare (cum ar fi, de exemplu, metoda corelației multimetrice).

Punctele electrodermice care se găsesc în legătură cu organele sau cu țesuturile somatice suferă procese de activare electrică în condiții patologice.

Mecanismul acestor activări electrodermale a fost explicat de noi în urma a numeroase cercetări de neurofiziologie, fiind atribuit fenomenelor de convergență — proiecție în centrii cerebrali — a stimulului patologic cu reflexia secundară cutanată. Astfel, de exemplu, suferința viscerală se manifestă prin apariția unui punct sau a unei „constelații de puncte“ cu valori de conductivitate și potențial mari, cîteodată cu polaritate inversă.

Podsibiakin, în 1957, denumește fenomenul, cu o remarcabilă previziune, „dominanta punctelor active“.

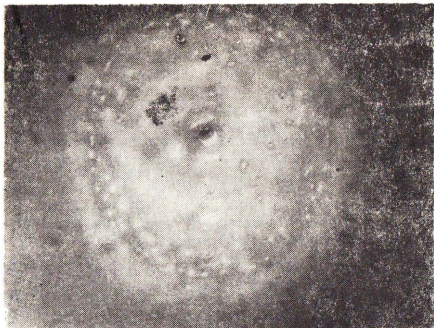


Fig. 11.1 — Imaginea electronografică a punctului de acupunctură (originală).

Metoda electronografică ne-a oferit posibilitatea de explorare a organismului uman în totalitate, permițând înregistrarea nu numai a fenomenelor electrice de suprafață, dar și a fenomenelor electromagnetice din interiorul organismului uman.

Una dintre cele mai interesante observații realizate prin electronografia organismului uman a fost punerea în evidență a punctelor electrodermice corespunzând punctelor de acupunctură, puncte care apar numai în condiții de tulburări funcționale și de boală și permit orientarea diagnosticului.

Prima electronografie a punctelor de acupunctură a fost obținută în anul 1975 și a fost prezentată la Congresul Internațional de Acupunctură din Montreal (fig. 11.1).

Cu ajutorul metodei electronografice am reușit să obținem primele fotografii detaliate ale punctelor electrodermice, care ne-au condus la constatările următoare:

În cursul explorărilor electronografice realizate pe mai mult de 3000 de subiecți umani în condiții diverse de

sănătate și boală, au fost evidențiate la un număr mare de subiecți puncte luminoase care corespund anumitor puncte de acupunctură.

Așa cum am arătat într-o prezentare anterioară, cercetări sistematice, efectuate pe un lot mare de subiecți umani, ne-au permis să evidențiem caracterele electronografice ale punctelor de acupunctură:

1. Apariția electronografică a punctului electrodermic este dependentă de o valoare critică a energiei cimpului de foarte înaltă tensiune.

Apariția punctelor care arată un proces de activare electrică locală se manifestă printr-o reducere a impedanței electrice și printr-o extensie a suprafeței.

Parametrii optimi ai impulsului de investigare a punctelor electrodermice cu semnificație patologică sînt: 29—

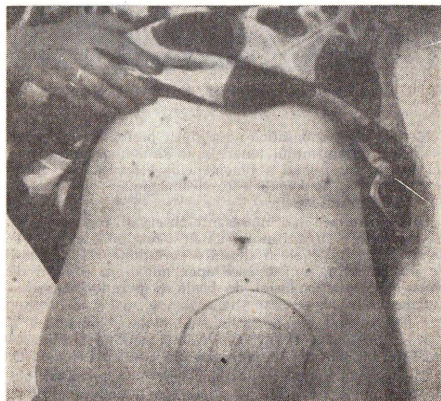


Fig. 11.2. a — Localizarea punctelor electrodermice evidențiate electronografic prin suprapunerea pe tegumentul abdomenului și corespondența lor cu punctele tradiționale chineze (originală).



Fig. 11.2 b

33 kV, pantă activă de 1 μ s și durată impulsului de 50 μ s. Creșterea energiei impulsului determină apariția unor puncte electrodermice false prin penetrarea barierei electrice cutanate.

2. Punctele electrodermice în limite de activitate normală, explorate electronografic, nu au apărut. Apariția lor arată un fenomen disfuncțional sau patologic. Observațiile realizate pe 886 bolnavi cu diferite afecțiuni ne-au permis determinarea diagnosticului organului afecțiunii, cunoscute după distribuția punctelor electrodermice puse în evidență de electronografie.

Localizarea lor suprapunind imaginea pe piele a demonstrat existența unei distribuții de referință întîlnită în patologia viscerală. În majoritatea cazurilor investigate de noi am confirmat schema de corelație neurofiziologică demonstrată de Jaricot pentru punctele abdominale (fig. 11.2 a, b și c).

Apariția punctelor electrodermice în dependență de starea patologică se explică prin creșterea diferențelor electrice între tegumentul indiferent și punctul activ datorită unui mecanism reflex viscero-cutanat.

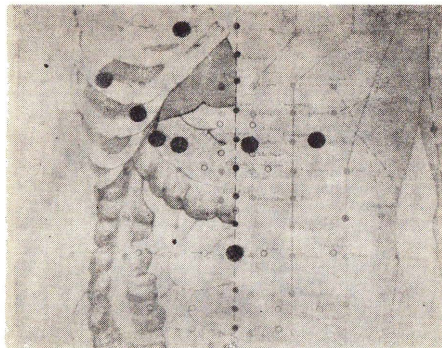


Fig. 11.2 c

Apariția de puncte are un caracter patognomonic și poate fi utilizată în diagnostic. Se consideră că punctele electrodermice sînt puse în evidență numai după un proces lung de activare electrică prealabilă.

Electronografiile făcute la bolnavi cu tumori maligne în stare de evoluție au pus în evidență în vecinătatea tumorii prezența anumitor puncte asemănătoare punctelor electrodermice, ce nu corespund punctelor tradiționale ale acupuncturii. Semnificația lor a fost atribuită unei explozii energetice urmată de străpungerea barierelor electrice cutanate. Puncte electrodermice false au fost detectate în diferite tulburări vegetative și în special în sindroamele de iritație a ganglionilor simpatici paravertebrali.

3. Punctul electrodermic este constituit dintr-o zonă centrală întunecată de formă neregulată și cu un diametru de 1—2 mm, înconjurată de o aureolă luminoasă formată din linii discontinue concentrice avînd un diametru de 3—40 mm (fig. 11.3).

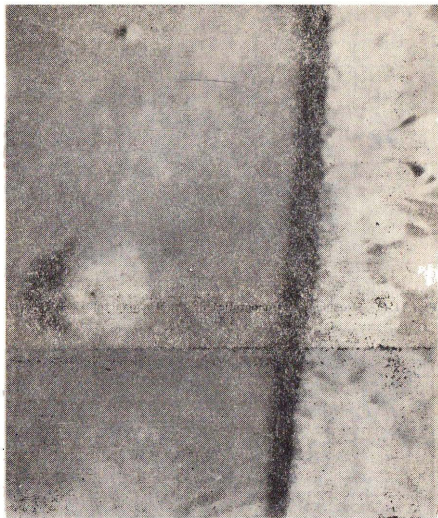


Fig. 11.3 — Imagine electronografică prelucrată electronic a punctului electrodermic (originală).

Atunci cînd punctul apare în zonele de efect pelicular marginal (imagine de profil), el se prezintă ca o erupție luminoasă cu o zonă centrală luminoasă (nucleu luminos) și radiații spațiale discontinue, delimitate de anvelopa exterioară mai luminoasă (corona exterioară) (fig. 11.4).

4. Diferitele dimensiuni ale punctelor electrodermice sînt determinate de gradul lor de activitate electrică. În afecțiunile acute, punctele electrodermice sînt mai mari

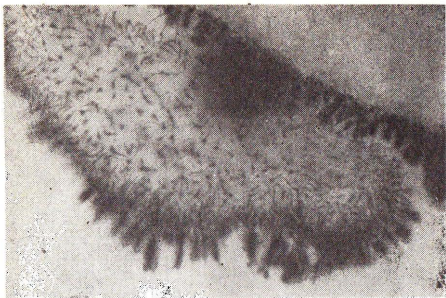


Fig. 11.4 — Imagine electronografică de profil a punctului electrodermic (originală).

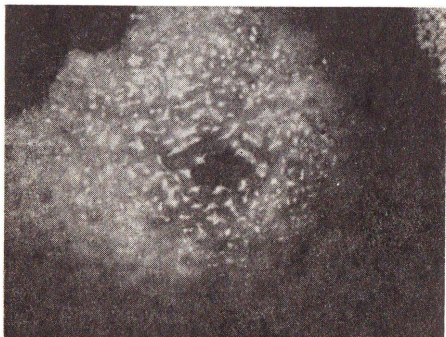


Fig. 11.5 — Imagine electronografică (originală) a unui punct electrodermic activat.

și mai numeroase. Astfel, în peritonita acută apar numeroase puncte cu diferite grade de activitate (fig. 11.5).

Punctele electrodermice se pot transforma în zone de activare mai mult sau mai puțin întinse.

5. Meridianele nu au fost puse în evidență direct în imaginile electronografice, dar punctele electrodermice se dispun pe un traiect care poate fi considerat corespondent unui meridian (fig. 11.6).

6. Imaginea punctelor active obținută cu ajutorul electronografiei pe emulsii color pune în evidență, cu un caracter constant, culoarea roșie, care este caracteristică zonei din jurul punctului central întunecat, cu irizații albastre marginale.

7. Analiza punctelor pe electronografiile a diferiți subiecți ne-a permis să măsurăm dimensiunile zonei centrale, care are un diametru mediu de 1,87 mm, cu variații cuprinse între 0,93 mm și 21,6 mm.

Zonele periferice discontinue variază în limite mult mai mari. Studiate cu ajutorul microscopului optic, zonele din interiorul aureolei sînt discontinue, avînd o orientare în spirală în jurul punctului central. Mărimea lor este în medie de 16,28 mm (8,18—26,20 mm).

Zona centrală a punctului activ arată existența unei forțe electromagnetice intense, capabile să îndepărteze electronii care vor impresiona pelicula fotografică și stratul de scintilație.

Structura punctului activ în imaginea de față, ca și în imaginea de profil arată că efluvile de descărcări marginale sînt date de un curent de aer ionizat, polarizat în jurul punctului central.

Punerea în evidență prin tehnica electronografică a punctelor electrodermice permite să se obțină imagini reale ale acestora, reproductibile la explorări repetate, suprapuse zonelor luminoase generate de efectul electro-morf.

Semnificația electrofiziologică a acestora este determinată de caracterele lor electrice care le deosebesc de restul învelișului cutanat și care favorizează apariția unei străpungeri sub acțiunea unei variații bruște a cîmpului, cu un efect pelicular concentric. Punctul electrodermic confirmă rolul său de „por electric” în schimbul energetic dintre organismul viu și mediul electric. Mode-

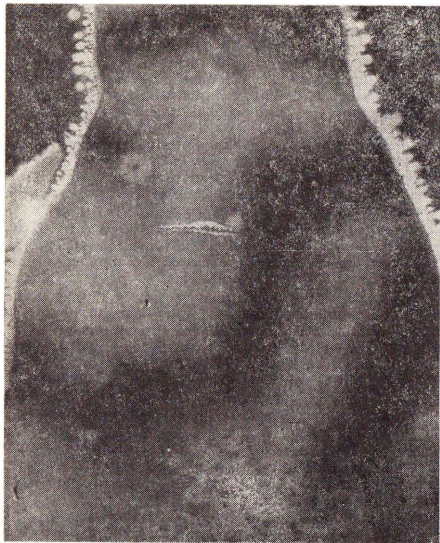


Fig. 11.6 — Distribuția punctelor electrodermice de-a lungul unor linii ce sugerează meridianele într-o suferință abdominală (originală).

larea fenomenului pe membrane dielectrice cu puncte similare de rezistență ne face să credem în această interpretare.

Toate constatările prezentate ne permit să privim punctul electrodermic ca un por prin care se efectuează schimburi electrice active.

Punctul electrodermic interpretat după imaginile electronografice prezintă un canal virtual sau real, transcutanat, preexistent sau determinat de impulsul de înaltă tensiune care antrenează un flux de ioni, asemănători unei coloane de aer turbionar în mișcare circulară.

Indiferent de proveniența sa, fenomenul electronografic nu poate avea decât semnificația unei comunicări electrice dintre organismul bolnav și mediul electric înconjurător.

Cercetările noastre de microelectronografie au pus în evidență zone de electroluminescență intercelulară, care se realizează prin intermediul anumitor puncte, analoage punctelor electrodermice. În mod asemănător s-au pus în evidență existența unor puncte asemănătoare la plante.

Acste constatări demonstrează o analogie funcțională a organismelor vii pentru care punctele electrodermice și conexiunile lor, meridianele, constituie căi de schimburi energetice cu mediul electric exterior.

MODELAREA EXPERIMENTALĂ A EFECTELOR ELECTRONOGRAFICE

12.1. Condiționarea fizică a efectului pelicular. Efectul pelicular rezultă din interacțiunea dintre electronii generați la suprafața învelișului cutanat al organismului viu, înconjurat de un înveliș gazos în stare parțial ionizată. Electronii smulși de impulsul de foarte înaltă tensiune sînt refulați de suprafața conductoare a filmului hidrolipidic cutanat ce reprezintă interfața dintre volumul-conductor cu impedanța relativ mare și mediul electric proximal cu o rezistență electrică variabilă în limite largi. Această refulare este mai puternică pentru electronii antrenați de energii mici, dar suficiente să producă în mediul gazos din vecinătate avalanșa luminoasă necesară generării strimerilor. Se realizează astfel, în spațiul din vecinătatea organismului, canale de descărcare ce vor figura efectul pelicular. Declanșarea fenomenului într-un timp foarte scurt conduce la o creștere exponențială a numărului de electroni și ioni pozitivi care vor polariza spațiul învecinat. În funcție de sarcina lor, particulele primare și secundare rezultate din ionizarea substanțelor prezente se vor îndrepta diferențiat spre cei doi poli ai sistemului.

Ionii pozitivi se vor dirija spre catod, în timp ce electronii vor fi atrași spre anod.

Compoziția și agregarea moleculară a mediului electric proximal imprimă culori caracteristice descărcării. Prezența unui număr mare de molecule de azot sau compuși azotați dă o culoare violetă, în timp ce natriul imprimă mediului o nuanță de galben caracteristică. Analiza spectrografică a efectului pelicular poate conduce la caracterizarea mediului electric proximal. Componenta sa are un caracter individual, fiind diferită de la subiect la subiect. Se pot discuta, în acest sens, posibilitățile de diag-

nostic ale spectrografiei prin electroluminescență în care eliminarea diferitelor componente ale mediului sudoral în proporții fiziologice sau patologice poate imprima modificări spectrale însemnate.

Analiza spectrografică a efectului pelicular poate permite determinarea caracteristicii individuale de sex, de grup, precum și prezența unor substanțe toxice metabolizate de organism și eliminate în secundar prin piele. Această metodă face posibilă urmărirea dinamicii eliminărilor transcutanate a vaporilor de apă, a electrolitilor și metabolitilor din excreția sudorală.

Efectul pelicular trebuie apreciat în strictă dependență de parametrii impulsului generat de sursa de foarte înaltă tensiune, precum și de caracteristicile fizice ale mediului în care se realizează explorarea (presiunea atmosferică, temperatură, umiditate).

Astfel, orientarea fenomenului luminos rezultat din multiplele ciocniri cu disocieri și recombinații de particule care generează emisia de fotoni este dependentă de orientarea particulelor în spațiul de accelerare, de polaritatea sursei, de accelerarea electronilor dată de panta de creștere a impulsului, de energia lor critică ce generează fenomenul de „avalanșă” (în care numărul particulelor accelerate crește exponențial), deci de amplitudinea impulsului. Aceste elemente legate strict de parametrii impulsului vor genera efecte diferite care vor influența în cea mai mare parte imaginea electrografică și vor deruta de multe ori pe medicii și biologii care nu sînt inițiați în tehnica explorărilor electrografice.

Efectul pelicular trebuie, de asemenea, interpretat în corelație cu factorii din mediul fizic din care se realizează explorarea, aceștia avînd un rol important în sistematizarea fenomenelor ce se produc.

Interesul larg pe care l-a produs în lumea științifică efectul „aurei” din tehnica Kirlian, mai ales prin descărcările marginale luminoase ce reprezintă o însumare temporo-spațială a efectelor peliculare obținute prin tehnica electronografică, a generat numeroase interpretări asupra semnificației sale funcționale. Una dintre cele mai controversate corelări a fost aprecierea descărcărilor marginale în legătură cu fenomenele psihoenergetice.

12.1.1. *Imagini electronografice obținute cu modele experimentale.* Am căutat să reproducem cu ajutorul unor

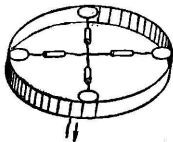


Fig. 12.1 — Schema dispozitivului pentru modelarea efectului de distribuție a impedanțelor în efectele electronografice (originală).

modele simple comportamentul electric al organismului uman în dispozitivul electronografic.

În acest scop, pe o placă rotundă de sticlă, cu grosimea de 6 mm și diametrul de 20 cm, am plasat 4 electrozi plăți cu diametrul de 2 cm care au fost legați prin intermediul a 4 rezistențe diferite, respectiv de 10 K Ω , 100 K Ω , 1 M Ω , 10 M Ω , dispuse în paralel la masa sursei de foarte înaltă tensiune. Rezistențele au fost înglobate pentru izolație în rășină epoxidică. Alegerea rezistențelor a fost determinată de valorile lor comparabile cu cele fiziologice întâlnite pe suprafața corpului uman (fig. 12.1 și 12.2 a și b).

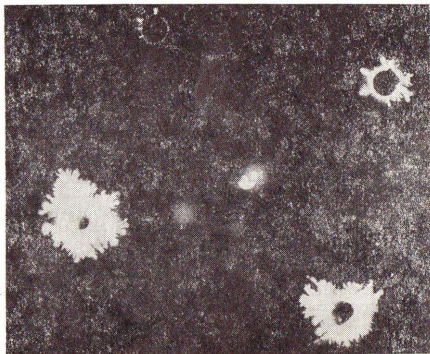


Fig. 12.2 a

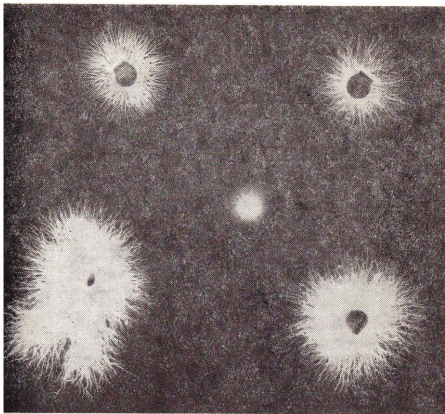


Fig. 12.2 — Imagini electronografice (originale) obținute pe un model cu rezistențe electrice distribuite: a) impuls negativ; b) impuls pozitiv.

Modelul aplicat pe ecranul aparatului de electronografie a generat imagini reproductibile. Din analiza acestora se observă că atât întinderea, cât și arborizarea și intensitatea luminoasă a strimerilor sînt dependente de valoarea rezistenței care se aplică pe ecran.

Cele mai mari și mai intense efecte peliculare au fost generate de rezistențele cu valori minime, mărimea acestora descreșcînd prin creșterea rezistenței.

Efectele electromorfe cele mai intense au fost obținute, de asemenea, pe electrozii cu rezistențe mici.

Printr-o altă serie de modelări am căutat să vedem dependența efectelor pelicular și electromorf de inhibiția hidrică a volum-conductorului și de volumul și suprafața de contact. În acest scop au fost confecționați din cauciuc sintetic, agregat prin polimerizare cu apă, cilindri de mărimi diferite.

Inițial și în cursul procesului de uscare imaginile au arătat schimbări importante atât în efectele peliculare, cât și sub aspectul efectului electromorf. În figură sînt prezentate aceste imagini succesive.

Se poate ușor observa că efectul pelicular în condiții de luminozitate crescută diminuează numărul de stri-meri generînd luminozitate difuză în jurul corpului. Cînd

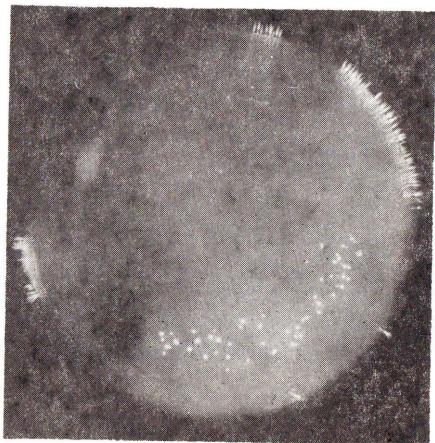


Fig. 12.4 — Imagini electronografice (originale) obținute pe un model pentru evidențierea rolului umectării: a) umed; b) uscat.

umiditatea din jurul corpului se reduce, strimerii au un caracter regulat și efectul electromorf diminuează (fig. 12.4 a și b).

Acest fenomen poate fi explicat prin difuzia electronilor în mediul de vapori generați prin evaporarea apei în jurul modelului din cauciuc cu formarea lor consecutivă și generarea strimerilor cu energie mai redusă. Formarea ramurilor arborizațiilor de strimeri arată creșterea energiei de formare a avalanșelor și menținerea unui gradient ridicat de tensiune.

Utilizând sfere din același material, dar de volume diferite, am constatat că efectul electromorf este depen-

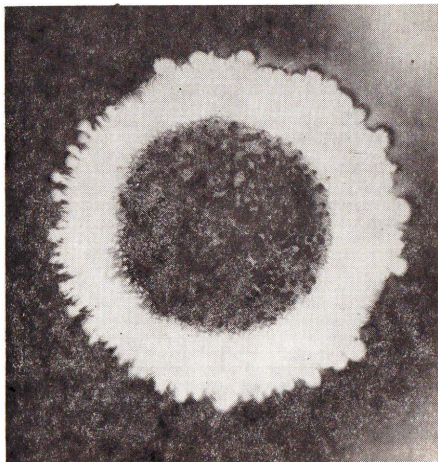


Fig. 12.4 b

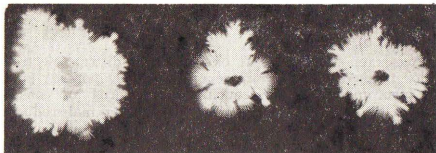


Fig. 12.5 — Imagini electronografice (originale) obținute pe modele din cauciuc pentru demonstrarea influenței volumului și suprafeței de contact în generarea efectului electromorf.

dent atât de volumul explorat, cât și de suprafața de contact, acesta crescând cu volumul și suprafața. Pentru volume egale, efectul electromorf crește în funcție de suprafața de contact (fig. 12.5).

12.2. Condiționarea fiziologică a efectului pelicular. Într-o serie de cercetări experimentale am căutat să stabilim corelații posibile între efectul pelicular al imaginilor electronografice și diferite funcții ale organismului explorat.

Am obținut, astfel corelații între activitatea electrică a învelișului cutanat și efectul pelicular manifestat prin forma, intensitatea luminii emise și geometria descărcărilor marginale.

Electronografia prezintă un real avantaj față de alte tehnici electrografice în electroluminescență, deoarece necesită o expunere foarte scurtă ce poate fi obținută ca un instantaneu al diferitelor stări fiziologice. Pentru măsurarea luminii emise s-a utilizat atât analiza clișeului electronografic, cât și un sistem electronoptic de înregistrare directă cu ajutorul unor fotosenzori sensibili la radiațiile din spectrul vizibil. În acest fel au fost realizate imagini electronografice ale miinilor și plantelor pe filme radiologice care s-au prelucrat identic. Expunerile au fost făcute în condiții funcționale diferite, alegându-se polaritatea pozitivă a impulsului care redă detaliile de finețe ale fenomenului de strimeri.

12.2.1. Dependența efectului pelicular de activitatea electrodermală. Activitatea electrodermală este realizată

de învelișul cutanat prin funcții complexe, menținute cu un consum de energie, fiind caracteristice organismelor vii.

Ca și membrana celulară, pielea, la organisme superioare, participă în mod activ la menținerea unei homeostazii energetice. Atât schimbările termice, cât și cele electrice dintre organisme vii și mediul înconjurător sînt realizate printr-un control exercitat de învelișul cutanat (fig. 12.6 a, b, c).

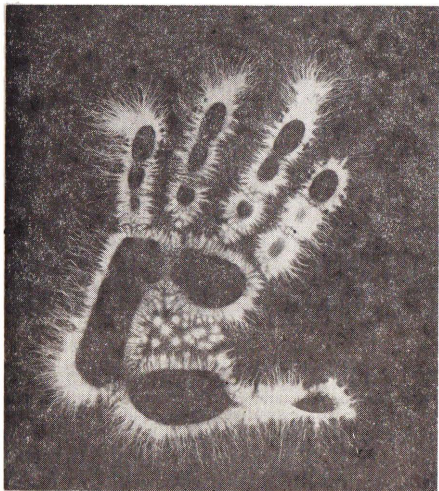


Fig. 12.6 — Imagini electronografice (originale) ale efectului pelicular obținut în condițiile variației impedanței de contact cu electrodul : a) 160 K Ω ; b) 28 K Ω ; c) 12 K Ω .



Fig. 12.6 b

În componența pielii se găsesc straturi cu rol de izolație electrică ce limitează schimburile electrice în anumite condiții, dar care în același timp, controlate prin sistemul nervos central, se pot deschide permițând un schimb electric activ între organism și mediu (fenomenul „ocluzie-fenestrație“, Dumitrescu și colab., 1970). Aparatul secretor sudoral realizează rolul unui efector complex care permite atât schimburile termice, cât și cele electrice.

Lichidul sudoral excretat pasiv sau activ se află sub controlul centrilor vegetativi cerebrali. Este cunoscută

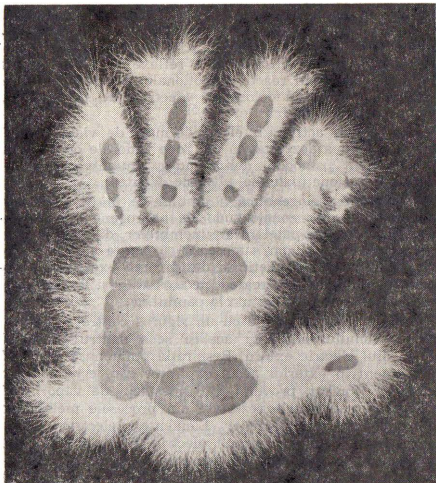


Fig. 12.6 c

dependența expulziei sudorale sub acțiunea unor stimuli senzitivi, senzoriali sau psihici sub forma reflexelor electrodermale.

Repartiția lichidului sudoral pe suprafața învelișului cutanat, ca și conținutul său în electroliți și ioni organici asigură o largă comunicare electrică cu mediul electric exterior, structurile dielectrice din componența pielii fiind practic șuntate de expulzia sudorală printr-o rezistență infimă față de rezistența electrică a glandei sudorale în repaus. Dependența acestor fenomene de viața psihică a individului uman constituie un fapt dovedit, și el este

utilizat în numeroase explorări psihofiziologice. S-a putut demonstra că reflexele electrodermale evidențiază nu numai emoțiile și reacțiile la stimulare de ordin senzitivo-senzorial, dar răspunsurile reflexe sînt diferențiate în funcție de tipul reacției emoționale, deosebindu-se reflexe cu o anumită coloratură afectivă (de surpriză, de emoție artistică, de frică etc.).

Dependența activității electrodermale de viața psihică a individului a dezvoltat la om zone sudorale cu răspuns predominant psihogen, delimitînd așa-numitele arii sudorale psihogene (palmele, plantele, fruntea).

Dezvoltarea filogenetică a omului de la un organism patruped la care zonele sudorale neurogene sînt reprezentate de zonele patelare ale membrilor, distribuție care se păstrează și la om, sugerează că aceste zone au servit în trecutul filogenetic la descărcarea excesului energetic rezultat din încărcarea electrostatică și triboelectrică, cu transmiterea acestuia la pămînt.

Astfel, zonele sudorale cu un riguros control vegetativ servesc omului adult în același sens pentru contactul cu mediul electric extern. Respirația pulmonară descarcă permanent în exterior aerul expirator care este un „aer biologic“, ionizat, provenit din amestecul de vapori fini de apă și substanțele rezultate din procesele metabolice din interiorul organismelor. Elementele electrice introduse de piele într-un circuit electric în regim de înaltă frecvență — corespunzînd frontului impulsurilor utilizate în electronografie — se comportă ca un circuit de tip RC cu o impedanță reprezentată de învelișul cutanat, inseriată cu rezistența internă a structurilor vii (fig. 12.7).

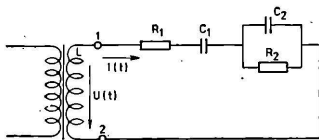


Fig. 12.7 — Schema echivalentă a dispozitivului de expunere (originală).

Impedanța totală a acestui circuit rezultă din următoarele ecuații:

$$Z_{(1-2)} = \frac{1 + (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3)\omega + \tau_1\tau_2\omega^2}{\omega C_1(1 + \tau_2\omega)}$$

în care

ω = pulsația

$R_1 C_1 = \tau_1$

$R_2 C_2 = \tau_2$

$R_3 C_3 = \tau_3$

Se concepe că impedanța pielii este o variabilă determinată atât de valoarea capacității, cit și de valoarea rezistenței, variațiile fiind realizate prin șuntul sudoral și prin depolarizarea membranei dermoepidermice ce reprezintă principala barieră electrică cutanată. Măsurătorile efectuate asupra acestui circuit au fost întotdeauna dificile din cauza influenței presiunii electrodului, polarizării sale în regimul de curent continuu sau alternativ, modificărilor impuse de regimul de frecvență utilizat, precum și de numeroasele fluctuații valorice date de funcționalitatea învelișului cutanat (în principal de reflexele electrodermale).

Pornind de la aceste principii generale, am realizat o serie de cercetări asupra valorii unor parametri electrodermali corelați cu imaginea electronografică.

12.2.2. *Dependența efectului pelicular de rezistența și tensiunea electrică de fond (EDr și EDu).* Am urmărit la un număr de 25 de subiecți umani valoarea rezistenței și tensiunilor electrice măsurate între suprafața palmară a mîinii drepte care se aplică pe ecranul electronografic și electrodul de referință dispus la masa sursei de înaltă tensiune și legat la o distanță de aproximativ 20 cm de articulația pumnului. Măsurătorile au fost făcute cu ajutorul unui milivoltmetru electronic de impedanță mare de intrare și al unei punți automate pentru măsurarea rezistenței în curent alternativ, interschimbate printr-un circuit de comutare electronică. Măsurătorile s-au realizat astfel simultan, după care electrozii au fost plasați la sursa de înaltă tensiune, iar suprafața palmei a fost aplicată pe ecranul de înregistrare.

Din corelarea datelor cu imaginile electronografice obținute s-a putut constata dependența cu caracter constant

a amplitudinilor și intensității luminoase ale descărcărilor de valoare rezistenței electrice și potențialului măsurat. La subiecții la care s-au măsurat cele mai mici valori de rezistență și valori mici negative ale tensiunilor electrice se constată descărcările cele mai ample. De asemenea, la subiecții cu rezistență palmară mică descărcările au un caracter difuz, iar la cei cu rezistență electrică mare apar ramuri și arborizații intense cu strimeri precis conturați.

12.2.3. *Dependența efectului pelicular de variațiile rezistenței și tensiunii electrice cutanate cu caracter reflex (ΔR și ΔU).* La un număr de 20 de subiecți normali au fost înregistrate prin radiotelemetrie valorile rezistenței și tensiunii electrice, culese între fața palmară și dorsală a miinii pe o anumită durată de timp, în vreme ce pe mina opusă au fost înregistrate imaginile electronografice ale palmei. Înregistrările au fost făcute la diferite valori ale ΔU și ΔR luate față de valoarea de fond înregistrată în afara reflexelor electrodermale, valoare la care s-au făcut în prealabil câteva înregistrări electronografice de control.

Electronografiile realizate în aceste condiții au evidențiat că imaginea dată de efectul pelicular este diferită la același subiect în funcție de fluctuațiile rezistenței și valorilor de tensiune monitorizată.

La înregistrările electronografice realizate la muncitori ce lucrează în câmpuri electromagnetice de mare intensitate, de 60—80 kGs (câmpuri de redresare), imaginile au fost mult mai luminoase și cu descărcări mai difuze decît la alte categorii de muncitori. Am explicat aceste manifestări prin influența mediată prin intermediul sistemului nervos vegetativ asupra glandelor sudorale care descarcă un bogat conținut hidroelectrolitic. Alte cercetări efectuate la acești subiecți au arătat o creștere statistic semnificativă a conductivității electrice și potențialelor înregistrate la nivelul palmelor, creșteri nediferențiate în comparație cu alți muncitori industriali ce lucrează în condiții de expunere la alte noxe chimice și fizice, precum și cu limitele acestor parametri la subiecții normali.

Toate aceste argumente experimentale ne-au confirmat existența unei corelații sensibile între controlul ner-

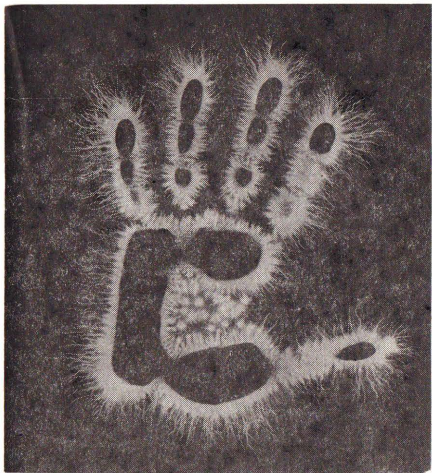


Fig. 12.8 — a) Imagine electronografică (originală) obținută în condițiile activității electrodermice de fond.

vos simpatic al activității electrodermale și caracterele efectului pelicular înregistrate electronografic.

Într-o altă categorie de experimente am căutat să obținem diferite înregistrări ale efectului pelicular în timpul și în afara reflexelor electrodermale determinându-se corelații între cronologia expulziei sudorale. S-au urmărit în paralel reflexele electrodermale de rezistență (efect Féré) și potențial (Tarchanoff) înregistrate simultan cu ajutorul unui aparat de radiotelemetrie de tip Hellige, modificat (unul din canale culege reflexele de potențial, al doilea reflexele de rezistență și al treilea temperatura cutanată cu termistor palmar) (fig. 12.8 a, b, c).



Fig. 12.8 — b) Imagine electronografică (originală) obținută în momentul de maximă amplitudine a reflexului electrodermal.

Am explorat în acest mod 35 de subiecți normali. În toate cazurile investigate am constatat apariția unor descărcări marginale mult mai ample cu numeroase ramificații ce au valoarea maximă odată cu atingerea amplitudinii maxime a reflexului, menținându-se pe panta descendentă a acestuia și imediat după terminarea sa, efectul pelicular diminuând și reducându-se față de valoarea precedentă inițierii reflexului electrodermal.

Această cronologie de imagini peliculare diferite, dependente de reflexele electrodermale, o putem explica



Fig. 12.8 — c) Imagine electronografică (originală) după reflexul electrodermal.

prin variația conductivității electrice din vecinătatea învelișului cutanat, rezultată din expulzia lichidului sudoral.

Astfel, în momentul apariției reflexului electrodermal se petrec, cu caracter sinergic, o serie de modificări funcționale în aparatul glandular (creșterea permeabilității membranelor bazale, migrarea celulară a componentelor hidroelectrolitice a lichidului sudoral și contracția aparatului mioepitelial, conex glandelor sudorale) care produc și propulsează pe o durată de aproximativ o secundă lichidul sudoral ce apare la suprafața învelișului cu-

tanat. Acest lichid, printr-un gradient higroscopic și termic, este antrenat în straturi fine de vapor. În procesul de smulgere violentă de electroni din țesuturi, vaporizarea se accelerează și în același timp se produce o ionizare intensă a stratului de ioni gazoși preexistenți. În momentul atingerii valorilor maxime ale reflexului electrodermal, conductivitatea electrică este maximă realizându-se o ionizare activă de mari proporții.

Pe toată panta descendentă a reflexului electrodermal, cît și imediat după încetarea sa se poate constata prezența unei cantități de aeroioni ce aderă de învelișul cutanat sau se degajă liber în mediul înconjurător. La nivelul învelișului cutanat intră în joc mecanismele de retro-absorbție activă prin care conductivitatea electrică a mediului proximal tinde să scadă. Acestui moment îi corespunde o reducere a luminozității și mărimii efectului proximal.

Cercetările prezentate ne-au determinat să atribuim variațiile de luminozitate ale descărcării omogene de tip Kirlian nu direct unei acțiuni psihice, ci consecințelor unui mecanism vegetativ de control al fenomenelor energetice de suprafață ce poate fi identificat cu mecanismele controlului electrodermal.

Considerăm însă utilă explorarea cu ajutorul tehnicii Kirlian sau al efectului pelicular electronografic, deoarece se evidențiază în acest mod aspecte necunoscute ale interrelației energetice dintre organismul viu și mediul electric din imediata vecinătate a sa. Efectul pelicular figurează căile prin care se realizează aceste schimburi și, mai mult, permite urmărirea dinamicii lor, ce nu trebuie confundată însă cu fenomenele realizate în condiții fiziologice.

12.3. Dependența efectului pelicular de circulația terminală. Circulația terminală reprezintă principalul aport energetic tisular prin transportul metabolic și gazos spre și de la țesuturi. Într-o serie de experiențe am urmărit corelarea efectului pelicular al imaginii electronografice cu circulația arterială, capilară și venoasă în teritoriul investigat.

Utilizarea frecvențelor înalte, de ordinul celor derivate din impulsul de foarte înaltă tensiune utilizată în electro-nografie, diminuează efectele rezistive și capacitive de

suprafață. Datorită acestui fapt, frecvențele înalte sînt utilizate curent în reopletismografie, metodă în care variația de volum obținută într-un segment corporal sub acțiunea umplerii și evacuării arborelui circulator determinate de sistolă și diastolă este transformată într-o variație de impedanță. Raportul dintre amplitudinea undei reografice și masa de țesut explorat este denumit puls relativ și se exprimă în promile/s calculîndu-se după formula:

$$Pr^0_{/00} \text{ s} = \frac{\Delta R(\text{m}\Omega)}{R(\Omega) T(\text{s})},$$

în care ΔR este diferența de rezistență reprezentată prin unda reopletismografică, R — rezistența țesutului iar T — durata revoluției cardiace. Valorile normale sînt mai mari de 1‰/s.

În condițiile monitorizării pulsului capilar prin reopletismografie și fotopletismografie prin transiluminare au fost obținute imagini electronografice ale mîinii opuse în două momente ale circulației periferice: în momentul vîrfului de undă corespunzînd umplerii sistolice și în perioada de golire diastolică a arborelui arteriolo-capilar. Au fost totalizate 218 înregistrări prin declanșarea aparatului de electronografie în cele două momente ale circulației periferice. Curbele de puls au putut fi înregistrate suprapuse peste perturbația de semnale generată de impulsul electronografic, localizîndu-se astfel în zona înregistrării în cronologia pulsului.

Pe toate înregistrările s-a observat că imaginile realizate în sistolă se diferențiază prin efecte peliculare mai ample și mai luminoase decît cele realizate în diastolă. De asemenea, în timpul vasoconstricției termice sau reflexe imaginile obținute în același moment al ciclului circulator au efecte peliculare mai mici și mai slabe decît cele date de circulația periferică normală. Vasodilatația modifică în sens opus imaginile electronografice. Staza arterială influențează în primele 4 minute descărcările, iar după 4—6 minute ele își pierd caracterul fascicular și devin difuze. Staza venoasă modifică mai puțin în primele minute imaginea care are un efect pelicular mai întins și difuz de la primele minute după instalare.

Înregistrările dovedesc o condiționare circulatorie importantă a imaginii electronografice interpretate sub aspectul pelicular.

În ischemia cronică am întâlnit adeseori extinderea unor zone luminoase cu aspect de „fulgi de zăpadă” dispuse în jurul plantei insuficient irigate. Am atribuit acest aspect diferit de cel normal parezei simpatice periferice care determină o inerție glandulară cu eliminare continuă de lichid sudoral, îndeosebi la nivelul plantelor.

12.4. Dependența efectului pelicular de controlul nervos central al activității electrodermale. Efectul pelicular înregistrat sub forma aurei Kirlian a fost deseori interpretat greșit, ca o formă directă de exteriorizare a energiei psihice.

Înregistrări palmare efectuate în timpul somnului narcotic profund, comparate cu înregistrări făcute în stare de vigilență, au arătat că descărcările în condiții de veghe au un caracter bine delimitat, cu pori de emisie care generează strimeri, în timp ce efectul pelicular în stările de narcoză prezintă un aspect luminos difuz în care descărcările nu mai apar grupate, ci derivă pe toată suprafața învelișului cutanat.

Același aspect poate fi întâlnit și în teritoriile denervate sau infiltrate cu anestezice locale. Pentru studiul rolului controlului nervos al activității electrodermale au fost înregistrate imagini electronografice pe loturi de broaște normale comparativ cu loturi la care s-a secționat nervul sciatic și cu loturi la care animalele au fost spinalizate. S-a putut constata în experiențele noastre că în absența controlului nervos pielea și țesutul denervat generează imagini total diferite, cu absența strimerilor și cu zone luminoase difuze ce evidențiază pierderea hidrică transcutanată. Experimentul demonstrează convingător rolul inervației vegetative simpatice în obținerea imaginilor electronografice (fig. 12.9 a, b, c).

Modificările nu pot fi datorate decât diminuării tonusului simpatic periferic care controlează dinamica efectorilor cutanați. În aceste condiții, barierele electrice cutanate devin permeabile pentru cationi și apă iar glandele sudorale secretă inert și lent un conținut sudoral nediferențiat. Ele exprimă pierderea parțială sau totală, reversibilă sau permanentă, a controlului nervos central

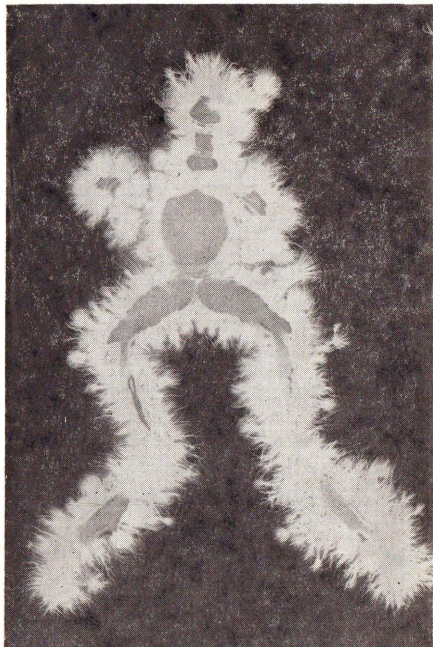


Fig. 12.9 — Imagini electronografice (originale) ale μ nor broaște;
a — normală.

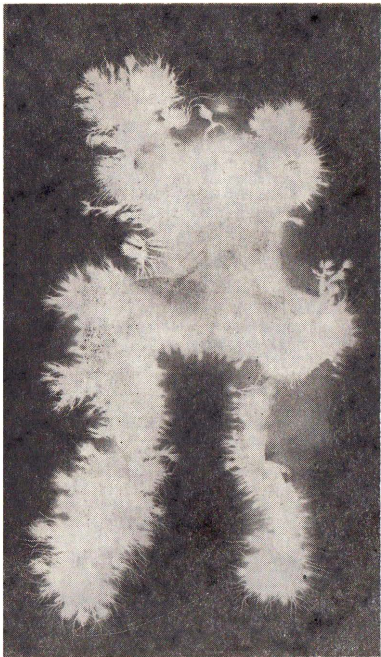


Fig. 12.9 — b Cu nervul sclatic drept sectionat.



Fig. 12.9 — c Broască spinalizată.

asupra activității electrodermale și, într-un sens mai larg, asupra schimburilor energetice ale organismului viu.

Imaginile electronografice în timpul somnului natural prezintă o diminuare a intensității și întinderii efectului pelicular în comparație cu ceea ce se petrece în timpul somnului narcotic.

Imaginile înregistrărilor cerebrale la subiecții în stare de somn narcotic și la bolnavii decerebrați în stare de comă au arătat modificări prin diminuarea intensității luminoase la bolnavii comatoși. Această constatare se poate interpreta prin modificarea accentuată a învelișului cutanat cranian la bolnavii în comă prin decerebrare.

Pornind de la aceste constatări, am căutat să verificăm dependența imaginilor electronografice sub aspect pelicular de reactivitatea neurovegetativă a subiecților investigați. În acest sens, am înregistrat electronografii în diferite stări de reactivitate, corelând imaginea obținută cu următoarele teste de apreciere: urmărirea traseului electroencefalografic sub forma raportului dintre amplitudine și frecvența undelor (raportul Fr/A are valori subunitare în stările de excitație corticală și supraunitare în stările de relaxare), înregistrarea timpului de latență al reflexelor electrodermale și a vitezei de propagare în fibrele simpatice periferice.

În toate cazurile investigate s-a putut observa că stările de reactivitate neurovegetativă normală se caracterizează prin imagini cu distribuția relativ regulată a arborizațiilor, în timp ce stările de suprasolicitare ca și cele de oboseală vegetativă sînt caracterizate prin diminuarea efectului pelicular din imaginea electronografică. Intoxicațiile fibrei periferice care se traduc prin scăderea vitezei de propagare în fibrele simpatice periferice se manifestă prin imagini șterse sau dau efecte peliculare difuze. Datele prezentate au un caracter preliminar și necesită o largă verificare în diferite sindroame neurologice.

EXPLORAREA PRIN ELECTROD TRANSPARENT ȘI ELECTRONOGRAFIA DINAMICĂ

13.1. Introducere. Urmărirea dinamică a fenomenelor electroluminescente în interiorul organismului viu a constituit una dintre preocupările de un interes științific deosebit.

Dinamica fenomenelor luminoase, precum și interrelațiile dintre diferite organe și chiar dintre persoane diferite au îndreptat în mod firesc cercetările spre realizarea unor posibilități tehnice de vizualizare directă a imaginilor electroluminescente. Observarea directă a descărcărilor în înaltă tensiune prin canale de ionizare cu obținerea imaginilor seriate sau filmate cu ajutorul camerelor cu viteză mare reprezintă o posibilitate de explorare în tehnica tensiunilor înalte.

Efectul corona realizat cu ajutorul unor tensiuni electrice sub limita tensiunilor critice de străpungere poate fi urmărit prin observație directă putînd prefigura apariția momentului critic de amorsare.

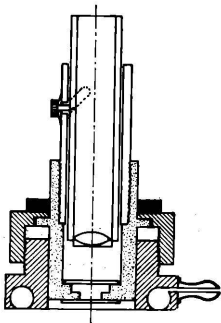
Explorarea cu ajutorul curentului electric de înaltă frecvență a permis vizualizarea directă a imaginilor electrografice pe suprafața organismelor explorate.

S. D. Kirlian și Valentina Kirlian au propus și utilizat diferite tehnici de vizualizare directă sau mediată prin intermediul unor dispozitive optice și electronoptice.

Un astfel de dispozitiv poate fi constituit dintr-o rolă transparentă confecționată dintr-un material izolator în interiorul căruia pe un ax conductor transparent se aplică curentul de foarte înaltă tensiune. Rotirea rolei pe suprafața învelișului cutanat permite localizarea unor zone cu luminescență particulară.

Examinarea directă a diverselor regiuni corporale în aceste condiții a oferit autorilor imagini colorate diferit.

Fig. 13.1 — Dispozitiv optic pentru vizualizarea descărcării.

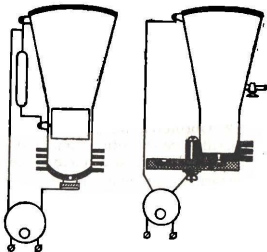


Astfel, explorările ariei cardiace au relevat culoarea albastru intens, antebrațele, culoarea albastru-verzuie iar coapsa, măslinie. Culoarele pot fi reproduse prin fotografiere pe materiale color.

Un alt dispozitiv de explorare directă printr-un dispozitiv electronoptic a fost utilizat pentru examenul structurilor de dimensiuni reduse. Un astfel de dispozitiv permite urmărirea comportamentului unor structuri de dimensiuni mici și — datorită utilizării unui amplificator de imagini — permite obținerea măririlor (fig. 13.1).

Un alt dispozitiv pentru vizualizarea directă a fost propus ca un sistem optic-capacitor denumit electron-proton. În acest dispozitiv, cu ajutorul curentului de înaltă frecvență transmisia unei imagini spre un ecran fluorescent în condițiile utilizării unui gaz de joasă presiune se realizează nu prin descărcarea în spațiul de accelerare de tipul autoelectron, ci printr-o conductanță selectivă capacitivă. Imaginea se transmite dintr-un mediu de presiune atmosferică într-un recipient vidat cu o strictă suprapunere a obiectului pe dielectricul dispozitivului (fig. 13.2).

Fig. 13.2 — Dispozitive
proton-electron.



Acest sistem se deosebește de principiul clasic al efectului de tip Kirlian avînd asemănări cu principiul electronografiei în care între organismul investigat, senzorul de lumină, dielectric și electrod nu se găsesc spații gazoase pentru emisia autoelectronică, imaginea formîndu-se din acțiunea fluxurilor de electroni, asemănător propagării în vid.

Acest sistem, denumit de Kirlian sistem electron-proton, reproduce densitățile optice ale imaginii și evoluția lor dinamică pentru organisme și structuri de dimensiuni reduse.

Vizualizarea imaginilor electronografice presupune realizarea unor principii esențiale legate de tehnica electronografiei. Spre deosebire de sursele de înaltă tensiune în regimuri de înaltă frecvență, sursele electronografice cu impuls controlat prezintă un dezavantaj prin emisia redusă de lumină și prin expunerea extrem de scurtă.

Observarea dinamică a imaginilor electronografice necesită obținerea următoarelor condiții tehnice:

1. Obținerea unor imagini fundamentale seriate în limitele fuziunii optice fiziologice capabile să resintetizeze dinamic evoluția fenomenelor;
2. Observarea sau înregistrarea fenomenelor prin intermediul unor electrozi transparenti cu reținere luminoasă minimă;
3. Utilizarea unor straturi amplificatoare de lumină interpușe în sistemul optic, capabile să amplifice foto-

chimic fenomenul luminos, cu o remanență ce nu depășește timpul de secvențializare impus de sistemul de culegere a imaginii;

4. Utilizarea unor fotomultiplicatori de imagini sau lumină interpuși între sistemul de culegere și cel de redare a imaginii.

13.2. Obținerea imaginilor fundamentale seriate. Electronografia reprezintă o imagine fundamentală realizată cu un impuls unic și în condiții definite.

Urmărirea dinamicii fenomenelor electronografice necesită reproducerea seriată a imaginilor fundamentale determinate de succesiunea lor temporală. Durata imaginii fundamentale este cea a impulsului și ea este cuprinsă între 1,5 și 50 μ s. Durata efectivă este însă prelungită de persistența fenomenelor de ionizare, precum și de remanența amplificatorului de lumină, fenomene care sumate nu trebuie să depășească 0,06 s (1/50—1/16 s).

În același timp imaginea obținută pe ecranul de captare trebuie să fie perfect sincronizată cu dispozitivele de înregistrare (cameră TV sau aparat de filmat), astfel ca unui cadru înregistrat să-i corespundă o imagine fundamentală. În acest mod, succesiunea imaginilor va reproduce caracterele electrice diferențiate ale imaginii electronografice într-o succesiune funcțională.

Sincronizarea impulsului de foarte înaltă tensiune cu camera de imagine se realizează cu ajutorul unor circuite electronice de comandă prin obturatorul camerei de filmat sau printr-un impuls preluat din camera de televiziune determinat de baleerea imaginii cadru.

În observarea directă se utilizează o frecvență în limitele fiziologice ale frecvenței de fuziune a cadrelor.

13.3. Utilizarea electrozilor transparenti. Utilizarea unor electrozi transparenti din materiale conductoare a preocupat pe numeroși cercetători.

Una dintre soluțiile cele mai răspândite a fost obținerea unor ecrane transparente din sticlă, acetofan sau nailon, cu depuneri de straturi metalice.

Metalele pot fi depuse chimic, electrolitic sau prin injectare la presiuni și temperaturi ridicate pe cristale de diferite compoziții (de exemplu, prin jet de plasmă).

Metalele albe, Ag, Al, Zn etc., au fost frecvent utilizate pentru depuneri pe sticlă.

Pentru depuneri în straturi de ordinul micronilor au fost dezvoltate tehnici speciale de o deosebită finețe, ca de exemplu „electrodul transparent“, sub nr. de livrare 60 945, realizat de Compania Eddison.

Ross propune pentru explorarea efectului de electroluminescență o soluție de electroliți introdusă între două cristale de sticlă transparente.

Beck utilizează o soluție salină introdusă într-un tub de sticlă.

Pentru realizarea unor ecrane transparente am utilizat o tehnică similară în mai multe variante:

a) Un ecran transparent de mari dimensiuni a fost obținut din două plăci de sticlă transparente cu un spațiu interior de 40/40 cm, plăcile fiind distanțate la 4 mm una de alta. Ecranul a fost umplut cu o soluție electro-litică de clorură de natriu și acid clorhidric la un pH egal cu 4.

Plăcile de sticlă au fost lipite marginal pe o distanță de 5 cm cu rășină epoxidică, asigurându-se astfel etanșeitatea și izolarea perfectă.

b) Ecrane transparente au fost confecționate, de asemenea, prin depunerea între două plăci de sticlă a unui strat fin de agar-agar 2‰ cu un adaos de metiolat de natriu 1/1000, care se gelifică la temperatura obișnuită. Etanșeizarea și izolarea s-au făcut de asemenea cu rășină epoxidică.

c) Cu rezultate deosebit de interesante au fost confecționate ecrane transparente din material plastic rezistent la presiune cu un spațiu interior în care au fost introduse gaze rarefiate la presiuni de ordinul 10^{-2} — 10^{-4} atm. Gazul rarefiat sub acțiunea impulsului de foarte înaltă tensiune devine conductor și asigură în același timp transparența și luminozitatea imaginii.

d) Au fost confecționate diferite dispozitive cu electrozi transparenti conținând soluții de electroliți sau gaze rarefiate care au fost adaptate camerelor de televiziune sau de filmat cu ajutorul cărora au fost înregistrate imagini la lumina naturală, obiectivul fiind protejat prin straturi de protecție și absorbție a luminii exterioare.

13.4. Amplificatorii de lumină de natură chimică. Utilizarea unor straturi de amplificatoare de lumină de natură chimică îndeplinește în electronografia dinamică două scopuri principale:

a) Amplificare de lumină prin conversia unor variații din zone spectrale invizibile în lumină vizibilă și

b) Diferențierea energetică a cimpului electromagnetic prin deschiderea diferită a convertorilor electronooptici.

Substanța fluorescentă utilizată în evidențierea efectului electromorf necesită o remanență care să nu depășească 0,06 s.

Atunci când secvențializarea nu necesită o reproducere cronologică exactă se pot utiliza ecrane cu remanență îndelungată.

13.5. Fotomultiplicatoarele de lumină. Filmarea imaginilor electronografice care prezintă o luminozitate redusă chiar pentru peliculele de mare sensibilitate necesită timp de expunere ridicat.

Obținerea unei imagini de bună calitate impune utilizarea unor camere de televiziune ultrasensibile sau intercalarea unor sisteme de fotomultiplicatoare.

Utilizarea amplificatoarelor de lumină color realizate sub denumiri comerciale de diferite firme deschide perspective de viitor explorărilor de electronografie dinamică.

13.6. Modalități de electronografie dinamică. 1. *Observarea continuă directă* se realizează prin observarea fenomenului de electroluminescență prin intermediul electrodului transparent sau prin proiecția imaginii pe un ecran fluorescent. Observarea directă poate fi realizată la mărime naturală sau după ce imaginea a fost mărită prin lupă electronică.

2. *Cinematografia imaginilor electronografice* se realizează prin sincronizarea cadrelor filmate cu imagini fundamentale obținute prin impulsuri unice.

Se utilizează pelicule alb-negru sau pelicule color de mare sensibilitate.

Se poate utiliza un ecran cu remanență mare lungindu-se timpul de expunere a fiecărui cadru. Se obține astfel o secvențializare decalată în timp ce permite urmărirea fenomenelor cu evoluție lentă.

De mare utilitate sînt amplificatoarele de lumină pentru imaginile color care se interpun printr-un sistem optic între ecranul transparent și obiectivul camerei de filmat. Se pot obține amplificări de lumină pînă la 50 000 de ori.

13.7. **Electronoviziunea** reprezintă o metodă extrem de utilă în urmărirea dinamică a imaginilor electronografice (fig. 13.3).

Utilizarea vidicoanelor cu sensibilitate selectivă la anumite zone ale spectrului de radiație permite diferențierea imaginilor după lungimea de undă a radiațiilor. Imaginea obținută în circuit de televiziune poate fi memorată pe bandă magnetică, precum și prelucrată electronic obținîndu-se contrast îmbunătățit și efecte speciale utile în interpretarea imaginilor (efect de relief, delimitarea contururilor de echidensitate, extracții și suprapuneri prin corelări de imagini etc.).

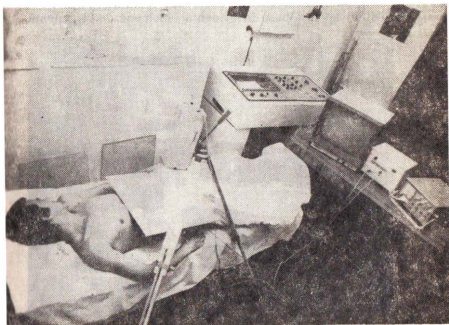


Fig. 13.3 — Instalație de culegere a imaginii prin electronoviziune de pe corpul uman (originală).

Electronoviziunea permite, de asemenea, prelucrarea imaginilor cu ajutorul calculatorului electronic.

13.8. Rezultatele explorărilor prin electronografie dinamică. Urmărirea directă a fenomenelor electronografice ne-a furnizat date interesante în legătură cu distribuția și compoziția mediului electric proximal. S-a putut studia învelișul de aeroioni aderenți ce însoțesc stratul cutanat, în deplasarea sa spațială. S-a putut dovedi că această anvelopă exterioară a organismelor vii are un bogat conținut în vapori de apă care influențează în mare măsură întinderea și adeziunea acestuia de obiectele din mediul înconjurător. Aceste structuri labile sînt primenite continuu prin pierderile transcutanate de apă, substanțe organice și electroliți. Între două persoane diferite stratul aeroionilor aderenți prezintă fenomene diferite de atracție și confluare, de delimitare precisă sau de radiație difuză.

Cu ajutorul metodei de observație directă și al electronoviziunii au fost puse în evidență fenomene de remanență



Fig. 13.4 — Cameră de televiziune cu ecran transparent utilizată în culegerea, memorizarea și redarea imaginii în circuit de televiziune (originală).

a imaginii după ce contactul cu ecranul a fost întrerupt. Considerată de unii eronat ca o imagine fantomă, fenomenul a prilejuit numeroase interpretări greșite. Dacă pe un ecran de sticlă sau pe folia fluorescentă au fost lăsate urme, acestea, prin expunere în câmp electromagnetic, pot reface imaginea inițială după un timp îndelungat. Fenomenul se datorește aderenței stratului de aeroioni proveniți din respirația organismului investigat de ecranul transparent.

Un fenomen asemănător poate fi întâlnit atunci când unei frunze i se înlătură o porțiune din limb: aceasta își reface porțiunea îndepărtată printr-o descărcare luminoasă care o reproduce sau o sugerează. Fenomenul poate fi explicat prin organizarea mediului electric proximal format din numeroși vapori de apă și substanțe organice provenite din secțiune.

Partea a III-a

**METODE ELECTROGRAFICE
ORIGINALE EXPERIMENTATE
ÎN BIOLOGIE**

PRINCIPALELE TEHNICI ELECTROGRAFICE DERIVATE DIN STUDIUL METODEI ELECTRONEGRAFICE

14.1. Electrografia prin eclatare în foarte înaltă tensiune. Metodele electrografice de explorare a structurilor biologice și nebiologice se diferențiază între ele prin caracteristicile câmpului electromagnetic investigator, prin fenomenologia proceselor fizice care caracterizează interacțiunea acestui câmp cu obiectul explorat, precum și prin modalitățile de înregistrare grafică a acestor procese.

Printre fenomenele de interacțiune ce pot avea loc între câmpul electromagnetic explorator și obiectul investigat sînt frecvent utilizate în unele metode electrografice efectele electroluminescente. Aceste efecte sînt generate fie prin descărcări electrice luminescente în gaze, fie prin excitarea în câmp electromagnetic a unor convertori de tipul luminoforilor cu aprindere în câmp. Metode electrografice bazate pe electroluminescență produsă de descărcările electrice în gaze sînt: fotografia Kirlian, spectrografia în electroluminescență și electronografia, aceasta din urmă folosind ca element esențial și luminescența generată de convertorii electronooptici. Toate aceste metode sînt expuse pe larg în celelalte capitole ale cărții.

O metodă de electrografie prin efect electroluminescent generat de decărcarea electrică o constituie, de asemenea, electrografia prin eclatare în foarte înaltă tensiune. Prin această tehnică se pot pune în evidență zone și puncte de minimă impedanță în care se produc descărcări electroluminescente generate de câmpul electric al sursei de foarte înaltă tensiune, tehnica respectivă fiind utilizată în defectoscopia materialelor izolatoare.

Descărcările luminescente generate de formarea unor canale de ionizare sînt determinate pe de-o parte de distribuția de impedanță pe suprafața obiectului explorat, iar pe de altă parte, de distribuția volumică a impedanței în mediul dielectric (gazos, lichid sau solid) interpus între obiectul investigat și electrodul pe care se aplică potențialul de eclatare. În condițiile în care mediul dielectric interpus este omogen și izotrop din punct de vedere electric iar electrodul explorator are o geometrie ce realizează o distribuție de cîmp uniformă, înregistrarea prin efecte fotografice a descărcărilor electroluminescente permite evidențierea repartizării impedanței electrice pe suprafața expusă a obiectului studiat. În acest mod, electrografia prin eclatare în foarte înaltă tensiune devine utilă în detecția punctelor electrodermice, puncte care se caracterizează printr-o minimă rezistență electrică în raport cu învelișul cutanat indiferent. Fotografierea canalelor de descărcare prin procedee ultrarapide permite urmărirea secvențială a formării canalelor de eclatare, evidențiindu-se dinamica proceselor descărcării electroluminescente.

14.2. Electrografia prin efect ponderomotor. Electrografia prin efect ponderomotor se include în clasa de metode electrografice care sînt bazate pe efectele neluminescente ale cîmpului electromagnetic aplicat structurii explorate.

Efectul ponderomotor constă în orientarea și migrarea în cîmp electric a particulelor dielectrice neutre sau încărcate electric. Pentru descrierea cantitativă a efectului ponderomotor la particulele neutre să considerăm cazul unui dielectric aflat sub acțiunea unui cîmp electric exterior.

Proprietatea fundamentală a dielectricilor constă în imposibilitatea de curgere prin ei a curentului electric. De aceea, spre deosebire de conductori, intensitatea cîmpului electric constant în dielectrici nu este neapărat nulă, ecuațiile care descriu acest cîmp fiind date de teoria electromagnetismului:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0 \quad (1)$$

$$\operatorname{div} \vec{E} = 4\pi\bar{\rho}, \quad (2)$$

unde $\vec{E}$ este intensitatea cîmpului electric exterior, iar

ρ — densitatea medie de sarcină în volumul dielectricului.

Considerînd cazul în care în interiorul substanței dielectricului nu sînt introduse din afară sarcini străine (libere), atunci sarcina totală pe întregul volum al dielectricului rămîne egală cu zero și după introducerea lui într-un cîmp electric:

$$\int \bar{\rho} dV = 0. \quad (14.3)$$

Această relație integrală (care este satisfăcută pentru orice corp de orice formă) semnifică faptul că densitatea medie a sarcinilor poate fi scrisă sub forma unui vector care se notează cu $\vec{P}$:

$$\bar{\rho} = -\text{div } \vec{P}. \quad (14.4)$$

Mărimea $\vec{P}$ se numește vectorul polarizării dielectrice al corpului respectiv; dielectricul pentru care $\vec{P}$ este diferit de zero este polarizat. Sensul fizic al vectorului $\vec{P}$ este acela că el reprezintă momentul dipolar al unității de volum a dielectricului.

Introducînd (14.4) în (14.2) se obține:

$$\text{div } \vec{D} = 0, \quad (14.5)$$

în care $\vec{D}$ este o nouă mărime definită ca:

$$\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P} \quad (14.6)$$

și numită inducție electrică.

Pentru ca ecuațiile (14.1) și (14.5) să constituie un sistem complet de ecuații trebuie să li se adauge relația ce leagă între ele inducția $\vec{D}$ și intensitatea $\vec{E}$ a cîmpului. În majoritatea cazurilor, această relație poate fi considerată liniară, fiind legată de faptul că, în comparație cu cîmpurile moleculare interne, cîmpurile electrice exterioare sînt mici. Dependența liniară dintre $\vec{D}$ și $\vec{E}$ capătă în majoritatea cazurilor următoarea formă simplă:

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E}, \quad (14.7)$$

unde coeficientul ϵ este permitivitatea dielectrică a substanței și este o funcție de starea termodinamică a aces-

teia. Este proporțională cu cîmpul și polarizarea $\vec{P}$:

$$\vec{P} = \kappa \vec{E} = \frac{\epsilon - 1}{4\pi} \vec{E}, \quad (14.8)$$

unde κ este susceptibilitatea dielectrică.

Din considerente termodinamice privind comportamentul dielectricilor într-un cîmp electric rezultă că energia totală liberă este dată în condițiile precizate mai sus de relația:

$$F - F_0 = \int \frac{D^2}{4\pi\epsilon} dV, \quad (14.9)$$

unde F_0 se referă la dielectric în absența cîmpului.

Prin variația lui ϵ , variază și inducția cîmpului. Calculînd în acest caz variația energiei, se obține:

$$\delta F = \int \frac{\vec{E} \delta \vec{D}}{4\pi} dV - \int \frac{E^2}{8\pi} \delta \epsilon dV. \quad (14.10)$$

Considerînd variația cîmpului cu surse constante, primul termen din membrul drept al egalității (14.10) se anulează și deci:

$$\delta F = - \int \delta \epsilon \frac{E^2}{8\pi} dV. \quad (14.11)$$

Din formula (14.10) se poate trage nemijlocit concluzia asupra direcției de mișcare a corpului dielectric într-un cîmp cvasiomogen, adică într-un cîmp care poate fi considerat constant pe distanțe egale cu dimensiunile corpului (cazul practic al evidențierii efectului ponderomotor). În acest caz, E^2 iese de sub semnul integralei și diferența $F - F_0$ este o mărime negativă proporțională cu E^2 . Pe de altă parte, se cunoaște din termodinamică că diferitele potențiale termodinamice (între care și energia liberă) au proprietatea de a atinge în starea de echilibru un minim în raport cu variații arbitrare ale stării corpului. Căutînd să ocupe o poziție în care energia sa liberă să fie minimă, corpul se va deplasa deci în sensul creșterii lui E . În felul acesta se explică orientarea și migrarea particulelor dielectrice în efectul ponderomotor.

Efectul ponderomotor se manifestă și în cazul în care particulele de substanță care migrează au sarcini electrice

totale diferite de zero. Într-un câmp electric exterior E ele se orientează pe direcțiile liniilor de forță, interacțiunea cu câmpul fiind dată prin relația:

$$\vec{F} = Q\vec{E},$$

unde $\vec{F}$ este forța de interacțiune iar Q — sarcina electrică a particulei.

Utilizând efectul ponderomotor, a fost realizată o metodă de obținere directă a imaginilor electrografice ale organismului uman la lumina zilei. În această metodă se utilizează microsfere de policlorură de vinil încărcate electrostatic și învelite cu pulbere fină de grafit și colofoniu. Pulberea astfel obținută este întinsă într-un strat uniform între două foi de hirtie poroasă care se aplică pe un ecran de înregistrare. Ecranul se leagă la una din bornele sursei ce generează câmpul electric, iar corpul explorat, legat la cealaltă bornă, se aplică pe ecran prin intermediul foilor de hirtie între care se află stratul de pulbere. După expunerea în câmp, se detașează cele două foi de hirtie, iar imaginile astfel obținute sînt fixate prin încălzire pe o placă metalică. Pulberea fină de colofoniu îndeplinește rolul de fixator al granulelor de grafit.

Imaginile electrografice obținute cu ajutorul acestei tehnici reproduc interacțiunea dintre câmpul electromagnetic al sursei exploratoare cu structura biologică investigată. Se pot pune în evidență atât structurarea spațială a câmpului electric în jurul obiectului studiat, cît și atenuările câmpului propagat diferențiat prin obiect (fig. 14.1 a, b).

Se pot evidenția și prin intermediul acestei metode punctele electrodermice, la nivelul cărora se constată tendința de înmănunchere a liniilor de forță. De asemenea, la nivelul zonelor marginale se poate observa o discontinuitate a conturului de maximă densitate a câmpului. La valori mici ale intensității câmpului electric se obțin imagini precise ale amprentelor digitale (fig. 14.2 a, b).

Imaginile electrografice prin efect ponderomotor sînt dependente de condițiile fizice în care sînt realizate: intensitatea câmpului electric aplicat, proprietățile dielectrice ale particulelor ce migrează, caracteristicile mediului de migrare (proprietăți electrice, reologice și de su-



Fig. 14.1 — Electrografii (originale) prin efect ponderomotor: a) frunză sănătoasă; b) frunză bolnavă.



Fig. 14.2 — Electrografii (originale) prin efect ponderomotor: a) mina umană; b) detaliu de distribuție a liniilor de câmp în jurul degetului mare.

prafată, temperatura, umiditatea). Pentru obținerea de imagini reproductibile, înregistrările trebuie efectuate în condiții standardizate.

Efectul ponderomotor asociat cu încărcarea electrostatică a fost utilizat în electrografia prin polarizare electrostatică. Această tehnică se bazează pe fenomenul de migrare în câmp electric prin efect ponderomotor a unor materiale dielectrice sau semiconductoare care adăunează prin încărcare electrostatică (ca urmare a fenomenelor de polarizare) pigmenți microgranulari prin care se transduce imaginea. Câmpul electric este generat de o sursă de foarte înaltă tensiune care dă naștere la impulsuri unice și monopolare identice cu cele utilizate în electronografie.



Fig. 14.2 — b

Prin această tehnică se poate obține reproducerea imaginii electronografice.

14.3. Electrografia prin efectul de blocare a emisiei secundare de lumină. Electrografia prin blocarea emisiei secundare de lumină este bazată pe utilizarea unui ecran luminescent cu emisie secundară de lumină de tip fosforescent pe care este plasat organismul investigat într-un circuit electric la diferite valori de tensiune (înaltă sau foarte înaltă).

Sub acțiunea unor radiații electromagnetice, nucleare etc., în substanța cu proprietăți fosforescente are loc excitarea moleculelor și atomilor care, revenind în stările fundamentale, emit o radiație secundară (sau de fosforescență). Dacă substratul fosforescent excitat este bombardat cu fluxuri electronice provocate de un câmp electromagnetic de foarte înaltă tensiune se produce efectul de blocare a emisiei secundare de lumină. Imaginile obținute



Fig. 14.3 — Electrografie (originală) prin blocarea emisiei secundare de lumină obținută pe mână umană.

prin acest efect reproduc prin contur și tonalități caracteristicile emisiei electronice (fig. 14.3 și 14.4).

Pentru obținerea electrografiilor prin efect de blocare a emisiei secundare de lumină s-a utilizat un ecran având ca substanță activă un amestec de sulfuri metalice cu o remanență fosforescentă de 2 s, substanță depusă pe un suport dielectric. Ecranul este plasat într-un dispozitiv de tip electronografic. Pe suportul dielectric se dispune organismul investigat care este legat la masa sursei de impulsuri cu diferite caracteristici. Circuitul este închis printr-un electrod transparent izolat față de ecranul fosforescent printr-un dielectric, de asemenea, transpa-

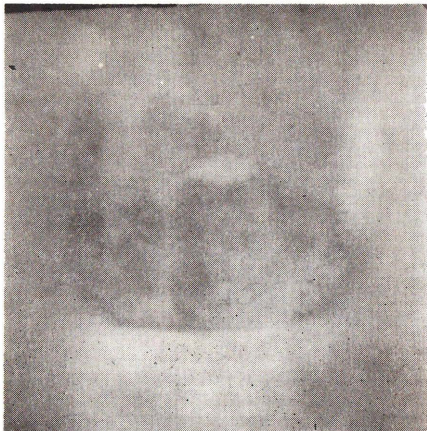


Fig. 14.4 — Electrografie (originală) prin blocarea emisiei secundare de lumină obținută pe un abdomen uman.

rent. Excitarea de fosforescență este obținută de la o sursă intermitentă de lumină externă a cărei comandă este cuplată cu sursa de tensiune.

Imaginile sînt colectate prin circuit închis de televiziune sau sînt fotografiate prin transparenta electrodului și a stratului dielectric. Aceste imagini prezintă, datorită blocării fosforescenței, zone întunecate a căror distribuție depinde de caracteristicile obiectului investigat, precum și de amplitudinea și polaritatea impulsurilor aplicate în circuitul electric.

Această metodă pune în evidență anumite caracteristici ale structurilor investigate care pot fi comparate cu detaliile obținute prin tehnicile bazate pe fenomene de electroluminescență. Astfel se obțin imagini cu o zonă

marginală care corespunde efectului pelicular, fiind mai intense când se utilizează impulsuri pozitive. Conturul extern al imaginilor este dependent de structura stratului de aeroioni aderenți, în timp ce imaginile de interior reproduc configurația electrică a organismului explorat.

Efectul de blocare a emisiei secundare de lumină poate fi explicat prin interacțiunea emisiei electronice generată de câmpul electromagnetic cu atomii și moleculele excitate ale substratului fosforescent. Electronii din fluxul emis în câmp ocupă stările energetice fundamentale libere ale atomilor și moleculelor, astfel încît nu se mai produc tranzițiile electronice de pe stările excitate, tranziții care generau emisia fosforescentă.

Fenomenul este influențat de intensitatea câmpului electromagnetic propagat prin obiectul investigat, precum și de temperatură, emisia fosforescentă descrescînd cu creșterea temperaturii datorită amplificării mobilității electronilor.

Electrografia prin blocarea emisiei secundare de lumină constituie, alături de celelalte metode electrografice, un mijloc de explorare electrică a organismelor vii și a interacțiunilor acestora cu mediul electromagnetic extern.

14.4. Convertografia, metodă de explorare a structurilor fizice și biologice. Metoda convertografică se bazează pe principiul conversiei energetice a distribuției unui câmp electromagnetic prin interiorul unui corp fizic investigat în radiație electromagnetică de frecvențe diferite care poate fi memorată, reprodusă, analizată și interpretată, obținîndu-se date asupra caracteristicilor fizice ale corpului investigat.

Această metodă este fundamentată pe proprietatea anumitor substanțe chimice de a-și modifica stările energetice ale electronilor slab legați care sînt trecuți din starea fundamentală în starea excitată.

Pornind de la necesitatea diferențierii cîmpurilor electromagnetice utilizate în electronografie, s-a studiat comportamentul unor substanțe luminofoare care în anumite compoziții s-a observat că prezintă fenomenul convertografic.

Luminoforii întrebuițiți sînt anorganici, din grupa sulfurilor metalice cu impurificare controlată, ca de exemplu sulfura de magneziu, de zinc, de staniu, de cad-



Fig. 14.5 — Imagine convertografică a mînii umane (originală).

miu, sulfuri complexe, precum și luminoforii realizați de firma VEB: E 1 grîn, E 28 orange, E 61 blau, E 3 grîn B, E 1 bleu/2, E 1 blau/3, E 40 grîn/1, E 30 grîn/2.

Aceste cercetări au condus la realizarea unei metode convertografice de explorare a efectelor cimpului electromagnetic cu aplicare în explorarea organismelor vii.

14.4.1. Principiile generale ale metodei. Metoda este fundamentată pe fenomenul de saturare electronică a energiilor de imagine ale unor substanțe cu mare labili-



Fig. 14.6 — Imagine convertografică a unui abdomen uman (originală).

tate electronică ce sînt excitate energetic diferit atît în cîmp electromagnetic, cît și în radiația de tip fonic din zonele spectrale de ultraviolet și radiații X. Acest fenomen este de natură fizică și a fost evidențiat cu prilejul experimentărilor efectuate în cadrul laboratorului nostru, experimentări care au necesitat realizarea unei instalații speciale prin care fenomenul poate fi reprodus cu caracter constant (fig. 14.5 și 14.6).

Principiul general al unui aparat convertografic constă în transformarea efectelor unui câmp electromagnetic tranzitoriu urmată de memorizarea într-o structură convertoare și reproducerea ulterioară cu ajutorul unui dispozitiv de iradiere în domeniul ultravioletoarelor înalte sau al radiației X moi. Acest aparat se compune dintr-o sursă de impuls unic în tensiune medie, înaltă sau foarte înaltă, care se aplică prin intermediul corpului de investigat direct pe substratul convertor sau prin intermediul unor straturi dielectrice de separație care, pe lângă protecția electrică asigură controlul distribuției câmpului electromagnetic prin corpuri investigate.

Substratul convertor este alcătuit dintr-un amestec de substanțe convertoare depuse în strat uniform și în compoziție omogenă pe un suport din carton, material plastic sau sticlă. Amestecul de substanțe convertoare este ales în funcție de capacitatea de memorizare a fenomenului electromagnetic.

Expunerea în câmp electromagnetic constituie primul timp fundamental de obținere a imaginilor convertografice. Acest timp este dependent de caracteristicile sursei, de caracteristicile electrice ale mediului de propagare (corp de investigat, structuri dielectrice intermediare). Al doilea timp al procesului convertografic îl constituie timpul de memorizare care poate fi de la ordinul zecilor de secunde până la cel al minutelor și poate fi prelungit în funcție de calitățile substanței convertoare utilizate.

Al treilea timp esențial este constituit din expunerea stratului convertor cu memorie la radiații fotonice de înaltă frecvență de tipul radiațiilor ultraviolete înalte sau radiațiilor X moi.

În principiu, metoda constă în plasarea parțială sau totală a unui organism viu într-o expunere de tipul expunerii electronografice, cu deosebirea că în ecranul de dispunere nu este plasat un fotosenzor (film fotosensibil). În dispozitiv este impresionată folia convertoare care, expusă într-un dispozitiv de radiații X, pune în evidență distribuția câmpului electromagnetic cu detalii extrem de fine în structura convertoare. Prin suprapunerea foliei convertoare pe un film fotosensibil, imaginea este copiată fotografic, prin prelucrare normală ul-

terioară, redindu-se imaginea efectelor cîmpului electromagnetic.

14.4.2. *Inregistrarea imaginii convertografice.* Inițial corpul fizic investigat este introdus în cîmpul electromagnetic generat de sursa de foarte înaltă tensiune care descarcă impulsul în interiorul unui dispozitiv de tipul condensatorului complet sau incomplet.

Expunerea se face în condiții de obscuritate sau la o lumină de protecție roșie sau verde de mică intensitate.

După un interval de timp dependent de capacitatea de memorie a stratului convertor utilizat, folia convertoare este aplicată în dispozitivul de iradiere constituit dintr-o sursă de radiații X moi, în care iradierea pune în evidență o imagine ce poate fi captată atât direct radioscopic, cît și indirect, prin copierea ei cu ajutorul peliculei fotosensibile (radiografie) și transferarea imaginii inaparente memorizată de folia convertografică pe filmul fotosensibil. Prelucrarea filmului fotosensibil se face în revelator contrast (de exemplu, rețeta Kodak D—19).

14.4.3. *Semnificația imaginii convertografice.* Metoda convertografică constituie o posibilitate de transducere în imagini a efectelor cîmpului electromagnetic, prezentînd interes în stadiul actual sub aspect fundamental și aplicativ în domenii ce urmează a fi studiate. Ca posibilitate imediată, convertografia poate fi utilizată în explorarea electrică a organismelor vii, inclusiv a organismului uman.

Au fost realizate imagini convertografice pe diferite regiuni ale corpului uman. Corelate cu imaginile electro-nografice, imaginile convertografice prezintă numeroase detalii de finețe ce relevă particularitățile de distribuție ale cîmpului electromagnetic în funcție de impedanțele electrice distribuite în structura investigată.

Efectul pelicular întîlnit în convertografie este dependent de polaritatea impulsului aplicat, precum și de compoziția amestecului convertor, ceea ce relevă sensibilitatea metodei convertografice în evidențierea procesului de apariție al strimerilor.

Imaginile de interior ale organismului investigat traduc prin zone întunecate distribuția selectivă a câmpului electromagnetic prin zonele de minimă impedanță. În felul acesta, convertografia poate fi utilizată ca metodă de diagnostic în explorările electrice de suprafață.

Semnificația funcțională și diagnostică a acestei metode, precum și numeroasele ei aplicații posibile vor fi dezvoltate în cursul anilor viitori.

MICROELECTRONOGRAFIA

15.1. Introducere. Microelectronografia este o metodă de explorare prin electroluminescență la nivel tisular, celular și infracelular, bazată pe impresionarea unei emulsii fotosensibile în cursul expunerii electronografice a țesutului viu. O variantă recentă a acestei metode o reprezintă microelectronoviziunea care constituie o tehnică electronoptică ce permite vizualizarea directă a fenomenelor de electroluminescență la nivel celular.

Explorarea celulei vii din punctul de vedere al comportamentului electric prezintă un interes deosebit în citologie.

Schimbul de informații și energie electrică al celulei vii cu mediul electric înconjurător este un proces biologic complex, supus legilor electrochimiei și electromagnetismului aplicat în biologie.

Cercetările de electrofiziologie celulară au fost realizate în majoritate prin metode de măsurare electrică cu ajutorul microelectrozilor, membranele celulare fiind elementele cele mai accesibile acestor explorări.

Utilizarea fenomenului de electroluminescență în explorarea celulei vii deschide perspectiva cercetării componentelor celulare în condițiile expunerii în câmpuri electromagnetice de foarte înaltă tensiune.

Metoda microelectronografică, comunicată de noi în anul 1975, utilizează expunerea celulei vii în interiorul unui dispozitiv constituit dintr-un condensator pe care se aplică o tensiune de ordinul zecilor de mii de volți, produsă de surse electronografice (Dumitrescu și Herivan).

În decursul ultimilor ani am dezvoltat o serie de tehnici originale care permit explorarea microelectronografică.

15.2. Metoda microfotografiei în electroluminescență constă în fotografierea microscopică a imaginilor tisulare și celulare obținute prin descărcări electroluminescente sub obiectivul unui microscop special amenajat.

Pe o platină confecționată dintr-un cristal optic transparent se aplică preparatul studiat așezat între electrozii transparenți obținuți prin metalizare sau între electrozi de sticlă cu straturi conductoare de lichid sau pastă. Preparatul este separat de partea conductivă a electrozilor de două straturi dielectrice de sticlă cu o grosime de 4—6 mm. Straturile conductoare sînt în același timp separate de masa metalică a microscopului care va fi conectată la masa sursei de înaltă tensiune.

Pe porțiunile conductoare ale celor doi electrozi se aplică conexiunile la o sursă de impuls de foarte înaltă tensiune cu o frecvență reglabilă de 10—50 Hz.

Obținerea clarității imaginii se face cu o sursă de transiluminare a preparatului, sursă care ulterior se stinge, obținindu-se imaginea de electroluminescență pe fondul întunecat al cîmpului microscopic explorat. La unul din ocularele microscopului este fixată o cameră fotografică cu timp de expunere lung (de ordinul minute-lor).

Odată cu declanșarea sursei de înaltă tensiune se declanșează și obturatorul aparatului fotografic. Metoda prezintă dezavantajul unor expuneri îndelungate, expuneri la care preparatul biologic se degradează.

Această tehnică ne-a permis, pentru prima dată, să fotografiem propagarea fenomenului de electroluminescență la nivel celular.

Electroluminescența diferită a țesuturilor vii este dată de propagarea cîmpurilor electromagnetice în mediile biologice. În funcție de conductivitatea electrică și permeabilitatea magnetică a acestora, se produce o atenuare diferențiată a cîmpului electromagnetic, putînd fi obținute date asupra funcționalității celulei vii. Explorarea electronografică se poate face în condiții funcționale diferite (fig. 15.1 a, b, c).

15.3. Metoda microautografiei în electroluminescență. Este o metodă indirectă de explorare a efectului de electroluminescență la nivel celular și infracelular. Imaginile

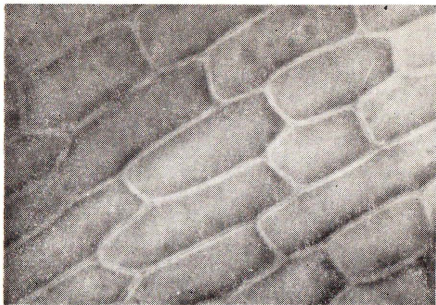


Fig. 15.1 — a) Imagine microscopică (originală) a foiței bulbului de ceapă.



Fig. 15.1 — b) Electroluminescența membranelor celulare obținută prin microscopie directă (originală).

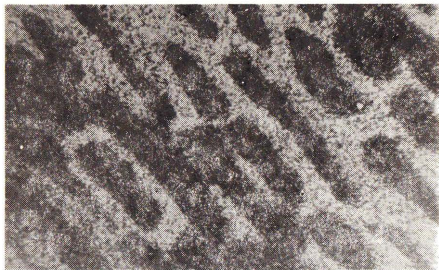


Fig. 15.1 — c) Microelectronografie obținută pe peliculă fotografică obișnuită (originală).

sînt obținute prin acoperirea preparatului biologic cu un strat de emulsie fotosensibilă sau prin aplicarea preparatului pe o peliculă fotosensibilă sau prin urmărirea directă prin dispozitive optice sau electronoptice.

În tehnica utilizată de noi se aplică pe preparatul viu o emulsie fotosensibilă de tipul emulsiei destinate autoradiografiei cu radioizotopi, care este expusă electronografic și apoi dezvoltată în revelator contrast, fixată și examinată la microscopul optic, obținîndu-se imaginile microelectronografice negative, care în final sînt pozivate prin copiere (fig. 15.2).

Expunerea preparatului se poate face printr-un singur impuls, obținîndu-se imaginea fundamentală a descărcării în electroluminescență.

Pentru obținerea fotografiilor în color evidențiind structurarea cromatică a zonelor de luminescență, se utilizează pelicule de film color reversibil. O peliculă utilizată frecvent de noi în acest scop este pelicula Agfachrome 50L Profesional sau Kodachrom cu latitudine mare la expunere.

Pentru imaginile alb-negru rezultate excelente dă emulsia destinată autografiilor nucleare, care se dezvoltă într-un revelator cu contrast slab. Am utilizat

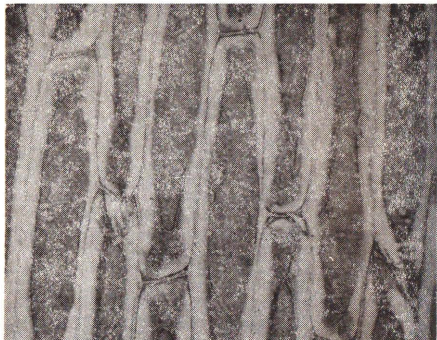


Fig. 15.2 — Microelectronografie obținută cu emulsie fotosensibilă (originală).

în majoritatea cercetărilor noastre emulsia livrată de Institutul de Fizică Atomică București.

Dezavantajul metodei microautografiei în electroluminescență constă în limitarea mărimilor impusă de granulația peliculei sau emulsiei folosite (fig. 15.3).

Pentru depășirea acestor limite am utilizat tehnica scoaterii semnalului de sub zgomot prin intercorelare cu ajutorul prelucrării electronice a semnalului în circuite de televiziune.

15.4. Metoda microautografiei cu viraj cromatic. Constă în obținerea unor imagini colorate utilizând un viraj cromatic selectiv al zonelor celulare în care fenomenul de electroluminescență este prezent (foto 7).

Ilustrăm această metodă de explorare celulară cu imagini reprezentând propagarea fenomenului de electroluminescență în interiorul celulelor algei *Cladophora*.

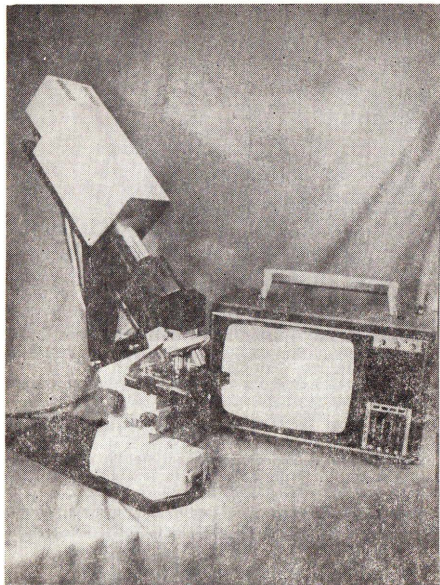


Fig. 15.3 — Instalație de microscopie cu circuit închis de televiziune (originală).

Țesutul explorat este aplicat pe o lamă de sticlă în strat monocelular. Se acoperă preparatul viu cu un strat de emulsie fotosensibilă (produsă de I.F.A.), diluată în ser fiziologic în proporție de $1/4$ sau $1/5$. Preparatul ast-

fel obținut este expus cu ajutorul unui echipament electronografic care utilizează una dintre sursele de foarte înaltă tensiune realizată în acest scop.

După expunere monopuls, la întineric se fixează preparatul într-o soluție slabă de formol 10%, tratare care determină păstrarea structurilor celulare pentru a nu fi deformat în cursul prelucrărilor ulterioare și, de asemenea, fixează stratul de emulsie fotosensibilă pe suportul morfologic.

Se dezvoltă ulterior preparatul cu emulsie utilizând un revelator energic de contrast, după care preparatul se fixează în soluție de fixare fotografică.

Principiul metodei constă în transformarea zonelor impresionate prin electroluminescență în zone colorate într-o culoare convențională, prin tratarea halogenurii de argint cu săruri de metale grele, cum ar fi: sulfatul de cupru, clorura de aur, vanadiu, uraniu etc.

În felul acesta, imaginea mărită cu ajutorul microscopului și fotografiată este negativul imaginii electronografice astfel obținute în care zonele de electroluminescență sînt colorate specific în funcție de tonalitățile utilizate.

Se aleg preferențial culorile de contrast cromatic față de culoarea preparatului pentru evidențierea detaliilor de imagine, care în procedeul microelectronografic în alb-negru se pot confunda cu structurile celulei. Această confuzie este mai pronunțată în studiul membranelor celulare, deoarece imaginea electronoptică se suprapune pe structurile celulare.

Cu procedeul descris se colorează selectiv numai zonele impresionate prin electroluminescență, restul celulei rămînînd normal colorată.

Etapele de prelucrare a microelectronografiilor prin vi-raj cromatic sînt următoarele:

1. Obținerea preparatului;
2. Acoperirea lui cu emulsie fotosensibilă;
3. Expunerea electronografică (monopuls);
4. Fixarea în formol 10% (5 minute);
5. Uscarea preparatului (aproximativ 10 minute);
6. Developarea (3 minute) în revelator contrast;
7. Spălarea (5 minute);
8. Fixarea în tiosulfat (5 minute);

9. Spălarea (10 minute);

10. Viraj cromatic (conform rețetei utilizate);

11. Spălarea (20 minute).

Pentru viraj am utilizat următoarele rețete:

1. Viraj în roșu-brun cu cupru (3).

Se dizolvă 87,5 g citrat de potasiu în 800 ml apă; 6,7 g sulfat de cupru cristalizat în 60 ml apă; 5,9 g fericianură de potasiu în 60 ml apă. Se toarnă soluția 2 în soluția 1, se adaugă, amestecând mereu, soluția 3 și se completează la 1000 ml cu apă. Timp de virare, 10 minute.

2. Viraj spre roșcat-Agfa 530 (4).

Se dizolvă 1,1 g clorură de aur în 55 ml apă; 2,8 g tiouree în 55 ml apă; se amestecă soluțiile și se completează pînă la 1000 ml soluție. Timp de virare, 7—8 minute.

Se pot utiliza și alte procedee de viraj cromatic întrebuintate în practica fotografică, precum și colorarea în același timp cu diferiți coloranți a celulelor prin procedee histochimice.

15.5. Microelectronoviziunea. Reprezintă o metodă de explorare derivată din tehnica observării microscopice directe a fenomenelor de electroluminescență tisulare și celulare.

Pe un microscop optic adaptat după principiul metodei prezentate anterior se cuplează o cameră de televiziune cu vidicon ultrasensibil.

În circuitul de televiziune prealabil afișării imaginii se pot introduce amplificatori de lumină, precum și sisteme electronice de scoatere a semnalului de sub zgomot și prelucrare a imaginii.

Imaginea obținută prin această tehnică poate fi memorată magnetic și optic, de asemenea, imaginea fundamentală poate fi seriată prin sincronizarea generatorului de impuls cu camera de imagine.

15.6. Sisteme electronoptice de mărire a imaginii prin electroluminescență. Utilizarea fascicolului de electroni derivat din expunerea electronografică permite, prin focalizări și deflexii succesive, obținerea unor efecte de lupă electronică și chiar de microscop electronic.

Cea mai simplă deflexie electronică a imaginii prin electroluminescență poate fi realizată într-un tub vidat special realizat.

Deflexia poate fi magnetică sau electrostatică. Acest principiu elementar poate sta la baza construirii unui sistem electronoptic cu mare putere de mărire și rezoluție.

15.7. Explorări microelectronografice. Prezintă principalele aspecte electronografice ale celulelor vii. Studiul schimburilor de informații și energie dintre celulele vii, precum și dintre celule și mediul electric ne-a permis realizarea unor observații pe care le vom rezuma în cele ce urmează.

Am studiat celule vegetale, ca celulele din foițele bulbului de *Allium cepa*, celulele algei *Cladophora*, apoi spermatozoizi umani și bovini, hepatocite, celule mezoteliale, celule sanguine, culturi de celule fibroblastice și epiteliale.

Cercetările s-au făcut confruntând aspectul microscopic obișnuit cu aspectul electronografic, diferențiind și localizând totodată imaginile în electroluminescență în structurarea țesuturilor și celulelor.

Toate aceste cercetări ne-au condus la o serie de observații pe care le sintetizăm pentru a defini caracteristicile electronografice ale celulei.

1. Fenomenul de electroluminescență nu rămâne localizat la nivelul celulei, ci se propagă de la celulă la celulă de-a lungul membranelor, clivind pe suprafața acestora (fig. 15.4 și 15.5).

2. Spațiul protoplasmatic este relativ întunecat, cu excepția unei rețele luminoase constituite din reticulul endoplasmatic, aparatul centrozomal și din alte organite cu rol activ în metabolismul celular.

Este interesant de remarcat că propagarea fenomenului luminos în interiorul celulei pornește de pe fața internă a membranei celulare, din unul sau mai multe puncte de contact cu rețeaua luminoasă interioară.

3. Propagarea influxului luminos trece de la celulă la celulă prin puncte de pasaj transmembranale, sau respectă structura membranei apărând pe partea opusă asemănător unui transfer electric capacitiv.

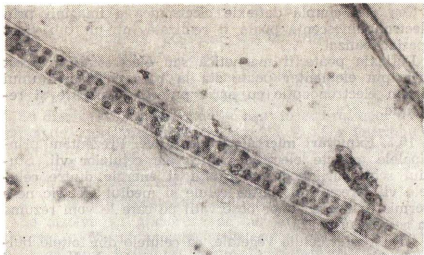


Fig. 15.4 — Imagine microscopică a unui filament de algă *Cladophora* (originală).

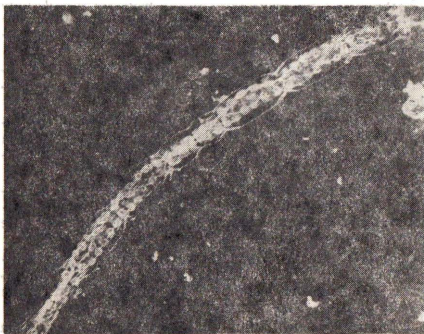


Fig. 15.5 — Microelectronografie pe alga *Cladophora* — se observă fenomenele de electroluminescență între nuclee și celelalte organite (originală).

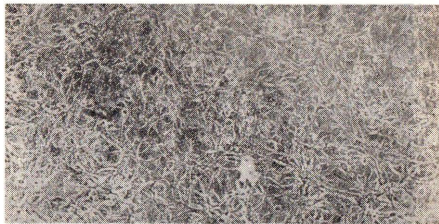


Fig. 15.6 — Imagine electronografică (originală) a propagării fenomenului de electroluminescență în celulele fibroblastice *Cladophora*.

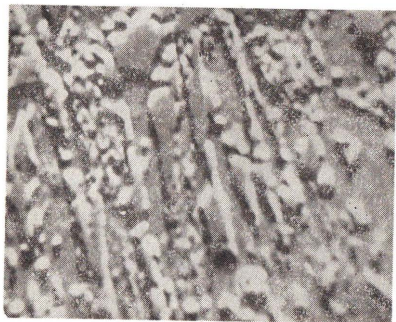
4. Celulele algei *Cladophora* prezintă un interesant fenomen de propagare a electroluminescenței atât pe calea membranelor celulare, cât și în interiorul celulei prin filamente luminoase care nu au nici o corespondență structurală cunoscută. Filamentele luminoase traversează zonele de contact dintre celule, iar în interiorul celulei se propagă între nuclee și organitele celulare alcătuind un mănunchi luminos. Celulele bătrâne își pierd atât luminescența membranelor, cât și pe cea a filamentelor interioare, în timp ce celulele tinere sînt constituite dintr-un „fus dens” de filamente luminoase.

Electronografia prin viraj cromatic ne-a permis să evidențiem prezența unui „por electric” în zonele de contact intercelular, por care este mult mai vizibil la celulele aflate în plină activitate.

5. Celulele nucleate prezintă o intensă luminozitate perinucleară conturînd membrana nucleară. Luminozitatea membranei nucleare este în legătură directă cu membrana celulară prin intermediul rețelei luminoase interne pe care am prezentat-o anterior. În acest fel, fenomenul de electroluminescență celulară este un fenomen caracteristic structurilor membranale, iar propagarea se face la toate tipurile de celule studiate prin contiguitate. Acest aspect pledează pentru existența unui transfer electric conductiv prin căi intra- și transcelulare determinate de activitatea electrică a unor structuri conductoare.



a



b

Fig. 15.7 — Electroluminescența celulară a unor culturi de fibroblaști:
a) vii; *b)* morți. (Imagini originale prelucrate electronic).

6. Cercetările realizate pe celulele fibroblastice de cultură comparativ în trei stări diferite — omorîte prin fixare chimică, vii în stare de activitate metabolică și transformate prin contaminare cu virus rujeolos și adenovirus — ne-au arătat o serie de aspecte interesante. Celula fibroblastică moartă se comportă ca o structură conductoare, inanimată, radiind o luminozitate difuză în spațiile intercelulare. În interiorul celulei nu se remarcă detalii. Celulele vii se diferențiază evident prin iluminarea zonei membranale constituind în țesut o rețea luminoasă. Spre deosebire de celula moartă, celula vie prezintă și luminescența intracelulară evidențiată prin conturarea luminoasă a nucleului și a altor organite.

Fenomenele de electroluminescență ale celulei vii sînt specifice și reproductibile definind caracterele electrofiziologice ale acesteia. Celulele transformate prin acțiunea virusurilor prezintă o serie de modificări ale emisiei luminoase la nivelul membranelor. Astfel, celulele infectate cu adenovirus au histologic un aspect sincițial care, explorat electronografic, evidențiază prezența unor restructurări membranale, luminescente, neevidențiabile la un examen optic obișnuit.

7. Studiul comportamentului electric al celulelor în cursul procesului de mitoză evidențiază modificări de luminozitate ale organitelor, precum și la nivelul membranei nucleare.

8. Explorarea cinematică prin microelectroviziune a zonelor de electroluminescență din interiorul celulei prezintă o serie de pulsații ritmice determinate de procesul de ionizare intra- și intercelular.

9. Zonele de contiguitate dintre două celule diferite dau în expunerea electronografică o luminozitate de intensitate crescută comparativ cu restul membranei celor două celule. Acest fenomen poate conduce la interpretarea unui proces de recunoaștere și respingere bioelectrică între două celule diferite. În această accepție am publicat recent un studiu electronografic asupra unor cupluri umane cu sterilitate primară, neexplicată anatomic, endocrin sau imunologic. Considerăm că procesul de compatibilitate bioelectrică dintre cei doi gameți (existent și la cei doi parteneri) deține un rol important în fecunditate.

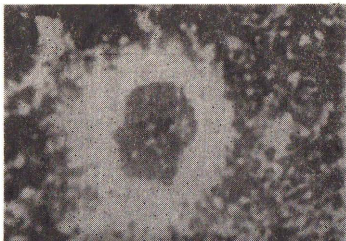


Fig. 15.8 — Imagine mărită a microelectronografiei unei celule de ascită Erlich (originală).

10. Studiul microelectronografic al celulelor tumorale din ascita Erlich ne-a permis să evidențiem un caracter interesant al fenomenului de malignizare. Celulele maligne prezintă luminescență crescută față de celulele normale, existînd în același timp o diferențiere netă între celule, unele dintre ele pierzîndu-și treptat emisia luminoasă (fig. 15.8 și 15.9).

Microelectronografia deschide perspective de interes în studiul procesului de malignizare.

Natura fenomenului de electroluminescență la nivel microstructural poate fi atribuită procesului de ionizare intens cu emisie luminoasă secundară care se petrece în acele microstructuri diferențiate printr-o conductivitate ionică crescută. Luminescența apare ca urmare a ionizărilor produse de electronii accelerați de cîmpul electromagnetic generat de impulsurile de înaltă tensiune dirijate prin conductori biologici naturali, existenți în celulă. Astfel, fenomenul de electroluminescență apare ca un traser al acestor căi, punîndu-le în evidență cu fidelitate și în mod dinamic.

Microelectronografia reconfirmă într-un mod propriu importanța electrofiziologică a fenomenelor de membrană.



Fig. 15.9 — Microelectronografia a celulelor de ascită Erlich ; se observă diferite grade de luminositate (originală).

Într-un sens mai larg, structurile de membrană generează, stochează și transferă materia, energia și informația biologică. Microelectronografia pune în evidență aceste procese la nivelul celulei într-un mod indirect, dar ea poate contribui, sperăm, într-o mai mare măsură decât metodele clasice cu microelectrozi, la explorarea electrofiziologică a celulei nu numai din punctul de vedere al funcțiilor interne, dar și al comportamentului său electric în diferite condiții de mediu.

Cîteva concluzii se desprind cu siguranță: celulele comunică între ele din punct de vedere electric, precum și cu mediul electric înconjurător prin legături dinamice transmembranale. Viața se manifestă printr-o activitate electrică a membranelor care, în condițiile expunerii electronografice, generează fenomenul de electroluminescență la acest nivel.

SPECTROGRAFIA ÎN ELECTROLUMINESCENȚĂ

16.1. Introducere. Spectrografia în electroluminescență este o metodă originală de explorare biologică realizată după un patent românesc (1976). Această metodă constă în analiza spectrului cromatic al emisiei electroluminescente prin descompunerea radiațiilor luminoase în două domenii. Au fost luate în studiu extremele spectrului vizibil, domeniul de albastru și domeniul de roșu. Considerentele care ne-au condus la aceasta s-au întemeiat pe concepția care stă la baza teoriei strimerilor. Strimerul, în procesul de formare, are, în spațiul de accelerare, o dominanță de roșu sau albastru în funcție de energia specifică a proceselor de atracție la catod. Astfel, Tiller susține că în extremitatea proximală a strimerului culoarea este dominant albastră, în timp ce în extremitatea distală culoarea este dominant în roșu.

În felul acesta, explorarea în electroluminescență permite analiza fenomenului din punct de vedere energetic. Energia strimerului depinde în mare măsură de rezistența electrică a suprafeței cutanate expuse în dispozitivul electronografic. Impedanța electrică de suprafață este, așa cum arată studiile de electrofiziologie cutanată, dependentă de controlul nervos simpatic realizat prin mecanisme nervoase complexe. Pe lângă dependența directă a energiei strimerului de impedanța electrică de suprafață, se constată dependența de factorii fizici ai mediului învecinat.

Reproductibilitatea fenomenului este dependentă de constanța factorilor de mediu. În condiții constante de umiditate, ionizare, temperatură, presiune atmosferică, fenomenul este strict dependent de factorii fiziologici.

Se constată, de asemenea, dependența fenomenului de cîmpurile electromagnetice biologice ce pot interacționa cu strimerul produs în vecinătatea organismului viu.

Pe lângă dependența energetică a emisiei luminoase de energia de formare a strimerului și de interacțiunile secundare care se exercită asupra sa, se poate descrie, de asemenea, o dependență cromatică în funcție de compoziția chimică a mediului proximal.

Existența anionilor și cationilor proveniți din metabolismul biologic, aflați în structurile gazoase inițial ionizate biologic și în secundar puternic accelerate de către impulsul de foarte înaltă tensiune, poate influența, de asemenea, spectrul emisiei electroluminescente.

Spectrografia în electroluminescență este o metodă care investighează un complex de fenomene fizice și biofizice: pe de o parte energetica fenomenului biologic, iar pe de altă parte condiția biologică de existență a organismului investigat în mediul în care se realizează explorarea. Cu alte cuvinte, spectrografia în electroluminescență explorează atât fenomenul energetic, cît și relațiile electrice dintre organismul viu și mediul electric în care se realizează explorarea.

În esență, metoda spectrografiei în electroluminescență constă în înregistrarea simultană (prin intermediul a două celule fotoelectrice, dintre care una cu sensibilitate pentru roșu iar cealaltă pentru albastru) a emisiei luminoase produse de proba investigată ce se află sub acțiunea cîmpului generat de o sursă de foarte înaltă tensiune (fig. 16.1). Înregistrările pe subiecți umani se fac în zona cubitală a mîinii drepte aplicată pe ecranul spectrografului.

Cu ajutorul metodei de spectrografie în electroluminescență au fost realizate o serie de cercetări preliminare în diferite domenii biologice, cercetări aflate în curs de aprofundare teoretică și experimentală.

16.2. Analiza spectrală în electroluminescență în timpul efortului fizic dozat la om. Au fost realizate înregistrări la subiecți umani înainte și în timpul unui efort dozat la cicloergometru, făcîndu-se înregistrări după fiecare 5 minute de efort. De asemenea, în perioada următoare efortului timp de 15 minute, din 5 în 5 minute, au fost realizate înregistrări spectrografice.

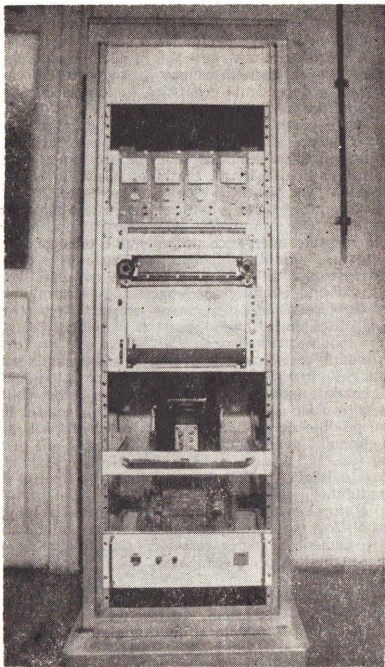


Fig. 16.1 — Instalație de spectrografie în electroluminescență (originală).

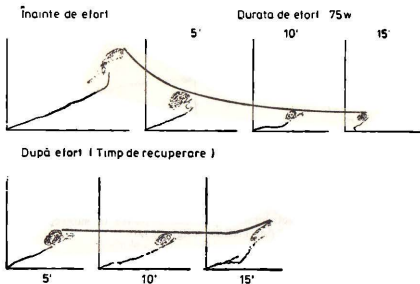


Fig. 16.2 — Curbe spectrografice obținute în timpul efortului fizic dozat la om (înregistrări originale).

Analiza curbelor înregistrate a arătat o descreștere exponențială a emisiei pentru ambele regiuni spectrale, mai pronunțată pentru emisia în albastru în perioada de instalare a oboselii musculare, precum și cu o revenire lentă a amplitudinii curbelor în perioada de recuperare a efortului (fig. 16.2).

Se remarcă întotdeauna o revenire mai lentă a curbelor spectrale față de cea a recuperării datoriei de oxigen.

Aceste observații evidențiază dependența emisiei electroluminescente de intensitatea efortului fizic controlat.

16.3. Analiza spectrală în electroluminescență în afecțiuni leucemice. Într-un alt cadru experimental au fost investigați bolnavi cu diferite forme de leucemii acute sau cronice în diferite stadii de evoluție. Înregistrările au fost realizate pe marginea cubitală a mîinii drepte. Curba obținută spectrografic a fost coroborată cu datele hematologice și clinice (fig. 16.3. și fig. 16.4.).

Explorările au arătat deosebiri între curbele spectrale obținute la subiecți normali în aceleași condiții de explorare și curbele obținute la bolnavi leucemici. Au

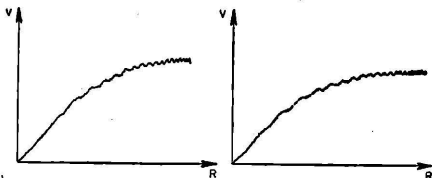


Fig. 16.3 — Curbe spectrografice palmare obținute la subiecți normali (înregistrări originale).

putut fi obținute două tipuri distincte de curbe care au fost corelate cu aspectul sanguin periferic al medulogramei.

a) În formele proliferative cu număr crescut de leucocite se constată o creștere a radiației datorită în special creșterii intensității predominante în zona de roșu (fig. 16.4 a);

b) În formele de depresiune medulară caracteristice stadiilor finale de evoluție leucemică, cât și în formele aleucemice se constată o diminuare atât a radiației în

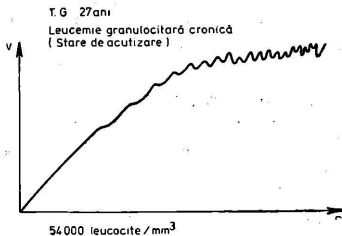


Fig. 16.4 a

V.D. 25 ani
Leucemie acută poliblastică
(Formă aleucemică)

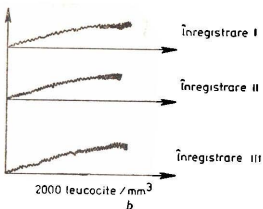


Fig. 16.4 — Curbe spectrografice în diferite afecțiuni leucemice (înregistrări originale): a) leucemii acute proliferative; b) în faza de epuizare.

zona de albastru, cât și a celei din zona de roșu, diminuare care plasează bolnavul cu mult sub limitele valorilor obținute pentru subiecții umani normali (fig. 16.4 b).

16.4. Analiza spectrală în electroluminescență și semnalul „Dowsing”. Spectrografia a fost experimentată la subiecți normali în corelație cu semnalul dowsing pe o zonă de fractură de falie în zona seismică Vrancea—Covasna (experiment realizat în colaborare cu ing. A. Apostol).

Semnalul dowsing a fost înregistrat independent de curbele spectrografice de către un operator uman antrenat. Înregistrarea fenomenului dowsing s-a făcut la fiecare jumătate de oră în decurs de trei zile succesiv, pe-

* Fenomenul „Dowsing” (în engleză „sunetul de jos”), cunoscut și sub denumirea de radiestezie, traduce — printr-o mișcare de rotație a unei baghete ținută în mâini de un operator uman — stări de tensiune anormală în scoarța terestră. Fenomenul a intrat în ultimii ani în atenția unor cercetări sistematice de biofizică. Cu ajutorul metodei de urmărire radiotelemetrică, A. Apostol și I. Fl. Dumitrescu au evidențiat mecanismul de producere a rotației baghetei printr-o asimetrie a tensiunilor electrice înregistrate pe zonele hipotenare palmare ale mâinilor operatorului uman (1975).

Semnal DOWSING

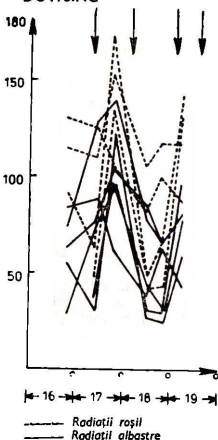


Fig. 16.5. — Suprapunerea curbelor spectrale de electroluminescență cu prezența semnalului Dowsing (înregistrări originale).

rioadă în care semnalul dowsing a prezentat o serie de fluctuații caracteristice prin modificarea amplitudinii sale (fig. 16.5).

Înregistrările spectrografice au fost realizate cu ajutorul unui laborator mobil plasat pe zona de falie și au fost efectuate pe un număr de 6 subiecți, dintre care unul singur prezenta însușiri de dowsing.

Cele două informații obținute separat au fost ulterior corelate prin diagramarea amplitudinilor curbelor spectrografice la care s-au constatat variații proporționale în radiațiile de albastru și roșu și, de asemenea, variații ale curbelor de amplitudine a fenomenului dowsing. Aceas-

tă corelare a evidențiat un fenomen de un deosebit interes teoretic și practic.

În timpul apariției și menținerii semnalului dowsing, curbele spectrografice prezintă pentru toți subiecții investigați o diminuare importantă. Odată cu dispariția semnalului dowsing, radiația în roșu și albastru pe curbele spectrale crește. Această variație inversă a emisiei în electroluminescență cu semnalul dowsing poate constitui un argument în interpretarea biofizică a fenomenului.

16.5. Analiza spectrografică în electroluminescență și stimularea punctelor electrodermice active. Impedanța electrică cutanată semnifică funcția de barieră electrică prin intermediul căreia schimbul electric poate fi facilitat sau, din contră, restrins în funcție de necesitățile energetice ale organismului viu.

Stimularea unor puncte cu acțiune asupra sistemului nervos central, așa cum știm din acupunctura tradițională, poate acționa în sens tonifiant sau dispersant.

În acest mod, sistemul nervos central poate fi stimulat sau, dimpotrivă, activitatea sa poate fi diminuată cu reperousiuni asupra funcțiilor vegetative.

Utilizînd metoda spectrografiei în electroluminescență, am explorat un număr de subiecți umani cu diferite afecțiuni algice la care au fost stimulate punctele 16, 19 Tm, situate pe linia mediană posterioară a craniului, puncte cunoscute prin acțiunea lor deprimantă asupra sistemului nervos central.

Înregistrările au fost efectuate după înțeparea și stimularea electrică a punctelor timp de 10 minute cu impulsuri triunghiulare negative cu amplitudinea de 25 V și durată de 200 μ s.

Curbele pentru același subiect au fost testate înainte sub aspectul reproductibilității, obținîndu-se o curbă constantă pentru același subiect.

Curbele înregistrate înainte și după acupunctură au fost comparate, s-au măsurat pe aceste curbe valorile radiației în albastru și roșu care au fost reprezentate grafic. Înregistrările grafice obținute înainte și după stimularea punctelor 16, 19 Tm au relevat modificarea valorilor inițiale ale intensității radiației electroluminescente în regiunile spectrale de roșu și albastru.

Din analiza acestor rezultate s-a constatat că modificările înregistrate au evoluat la 83% din subiecți, în sensul diminuării curbei pentru ambele regiuni spectrale, iar la ceilalți 17% curba a rămas nemodificată.

Reducerea cantitativă a emisiei luminoase în zonele de albastru și roșu la subiecții investigați poate fi explicată prin modificarea impedanței electrice cutanate, în sensul scăderii acesteia datorate unui proces de diminuare a tonusului simpatic periferic (efect dispersant).

Aceste observații vin în sprijinul concepției conform căreia stimularea electrică a punctelor 16, 19 Tm exercită un efect de diminuare a acțiunii nervoase centrale.

16.6. Cauzele diferențierilor spectrale electroluminescente în explorarea mâinii. Considerăm că diferențele spectrale în radiația electroluminescentă pot fi datorate următorilor factori:

1. Compoziția lichidului sudoral aflat pe suprafața învelișului cutanat supus explorării;

2. Impedanța electrică de suprafață la limita de contact cu ecranul de explorare, impedanță determinată în principal de activitatea electrică de suprafață controlată de mecanisme vegetative;

3. Interacțiunea cîmpului electromagnetic biologic cu strimerii formați la limita de contact a pielii pe ecranul de explorare;

4. Factorii dependenți de caracteristicile mediului electric în care se realizează explorarea: presiunea atmosferică, temperatură, umiditatea absolută. Acești factori sînt eliminați în condițiile în care examinarea se face în cameră climatizată cu controlul condițiilor de explorare;

5. Interacțiunea cu cîmpurile electromagnetice, magnetice sau electrostatice exterioare ale unor corpuri fizice inanimate sau ale unor organisme vii.

În această accepție analiza spectrală realizează explorarea unor fenomene complexe, dintre care compoziția filmului hidrolipidic de suprafață, impedanța electrică de suprafață și interacțiunea cu cîmpul electromagnetic al organismului explorat rămîn cei trei factori esențiali ai încărcării energetice a strimerilor.

16.7. Explorări spectrografice în electroluminescență ale leucemiilor bovine. În condițiile în care probele de investigat sînt probe de sînge, acestea se introduc în cuve de cuarț de aceleași dimensiuni, după care se așază în dispozitivul de analiză spectrografică în electroluminescență. Pe durata cîmpului generat de sursa de foarte înaltă tensiune se efectuează înregistrarea curbei, variabila orizontală fiind proporțională cu intensitatea emisie în roșu iar variabila verticală, cu cea în albastru.

Prin metoda spectrografiei în electroluminescență au fost investigate probe de sînge leucemic și neleucemic provenite de la bovine. Din studiul calitativ al curbelor obținute rezultă următoarele concluzii:

a) Alura curbelor este practic aceeași în toate cazurile, variînd de la caz la caz valorile maxime atinse pe abscisă și pe ordonată;

b) Înregistrările nu sînt practic influențate de variațiile diurne ale presiunii atmosferice și ale umidității;

c) Schimbarea polarității tensiunii aplicate pe sursa de foarte înaltă tensiune nu modifică semnificativ alura și extinderea curbelor.

Pentru prelucrarea cantitativă a curbelor obținute s-a ales ca parametru caracteristic pentru sînge numărul de leucocite. Această prelucrare cantitativă este o prelucrare de tip statistic, avîndu-se în vedere stabilirea unor corelații între numărul de leucocite și caracteristicile curbelor înregistrate. În acest scop s-a calculat indicele de corelație în două situații:

a) Indicele de corelație între valorile maxime ale emisie în albastru și numărul de leucocite;

b) Indicele de corelație între valorile maxime ale emisie în roșu și numărul de leucocite.

Calcululele au arătat că nu există practic nici o corelație între intensitatea radiației roșii și numărul de leucocite.

Indicele de corelație între emisia în albastru și numărul de leucocite este sensibil diferit de zero, ceea ce înseamnă că între cele două variabile există o corelație. De asemenea, indicii de corelație pentru sînge leucemic și pentru sînge normal sînt sensibil diferiți, traducînd o diferențiere de specificitate a corelației stare leucemică-emisie în albastru.

Analizele statistice pe populații de animale pot furniza informații privind potențialul lor leucemic. În acest scop, metoda spectrografiei în electroluminescență devine mai eficientă prin memorizarea și prelucrarea datelor furnizate de spectrograf la un calculator cu program specializat atașat dispozitivului de înregistrare.

O altă cale de perfecționare a metodei spectrografiei în electroluminescență o constituie multiplicarea senzorilor de lumină în benzi spectrale sporind în acest fel cantitatea de informații dată de emisia electroluminescentă.

Partea a IV-a

**CERCETĂRI
DE ELECTRONOGRAFIE
ASUPRA COMPORTAMENTULUI
ELECTRIC AL TUMORILOR
MALIGNE**

COMPORTAMENTUL ELECTROMAGNETIC AL TUMORILOR MALIGNЕ

Organismul uman trăiește într-un mediu ambiant care conține cîmpuri electromagnetice generate de diferite surse terestre și cosmice. La rîndul său, organismul uman este sursa unui cîmp electromagnetic propriu care interacționează specific cu cîmpul ambiant. Această interacțiune are o mare pondere în ceea ce privește particularitățile morfofuncționale ale diferitelor entități structurale biotice. Diversele stări, inclusiv cele patologice, în care se află organismul uman sînt caracterizate printr-o interacțiune electromagnetică organism-mediu specifică, care poate fi pusă în evidență prin metode de studiu în cîmpuri electrice și magnetice controlate. Cercetările făcute prin aceste metode au indicat modificări structurale și comportamentale pe care celulele și țesuturile vii le suferă în cîmpuri electrice și magnetice. Aceste efecte ale cîmpului electromagnetic asupra structurilor vii depind de starea morfofuncțională a celulelor și țesuturilor, în ultimă instanță depind de starea de sănătate sau de boală a întregului organism. În acest fel, investigațiile privind interacțiunile electromagnetice ale organismului uman cu mediul pot conduce la fundamentarea unor noi metode de diagnostic și tratament.

Deosebiri nete de comportament (ce dau caracterul de malignitate) pe care celulele canceroase le prezintă față de celulele analoage normale se traduc și prin interacțiuni specifice cu cîmpurile electrice și magnetice aplicate din exterior.

Corpul uman este diamagnetic și prin el pătrund cîmpuri magnetice statice. Cîmpurile magnetice deformează structurile atomice și moleculare și exercită forțe și momente ale forțelor asupra componentelor microscopice.

pice ale corpului. Aceste efecte fizice provoacă modificarea diferitelor procese biochimice, influențând astfel mecanismele de reglaj celular. Asupra organismelor intensitatea efectelor biologice ale cîmpurilor magnetice este diferită, exprimîndu-se de la fenomene de magnetotropism și pînă la distrugerea completă a ființelor vii. Modificări morfologice pot fi observate pe animale de laborator în cîmpuri de 200—300 $\text{\AA}$. Cîmpuri de 300—700 $\text{\AA}$ reduc considerabil ritmul proceselor de sinteză a ADN și ARN în diferite celule tumorale. R. L. Liboff a arătat (1965) că intensități ale cîmpului magnetic mai mari decît 100 000 $\text{\AA}$ pot afecta difuziunea ionică transmembranală, influențînd astfel dezvoltarea celulei. L. Gross (1964) relevă faptul că o diferență de energie mai mică poate produce efecte fizice, ca în cazul rezonanței electronice paramagnetice, și că se poate considera că mici perturbații energetice cauzate de cîmpuri magnetice joase produc efecte fizice semnificative. Efectul biomagnetic al cîmpurilor de mică intensitate poate fi explicat prin deformarea unghiurilor de valență ale atomilor, reducîndu-se astfel viteza de reacție a diferitelor procese biochimice. Cîmpurile magnetice modifică funcțiile de undă ale electronilor în macromolecule determinînd o susceptibilitate paramagnetică mare, care conduce la modificarea vitezei de reacție. Aceasta se explică prin modificarea difuziei moleculare și prin efect Zeeman se poate modifica numărul moleculelor participante într-o reacție dată. Se estimează că un cîmp de 5000 $\text{\AA}$ poate micșora o reacție cu 0,2% și, dacă un lanț dat de reacții biochimice este format din 15 reacții, atunci reducerea totală a produsului final va fi de aproximativ 20%.

Cîmpurile magnetice afectează, de asemenea, diviziunea celulară. Acest proces este precedat de replicarea ADN-ului care implică o multitudine de reacții chimice ce determină structurări complexe ale moleculelor și componentelor vitale celulare. Dacă aceste componente au susceptibilități magnetice anizotrope, atunci nu numai viteza de difuzie rotațională, dar și orientarea relativă a acestor componente vitale va fi modificată. Astfel, este posibilă tulburarea replicării ADN-ului sub acțiunea cîmpurilor magnetice.

Efectele fizice majore generate de cîmpurile magnetice sînt: a) presiunea și b) apariția unor momente ale forțelor magnetice. Presiunile deformează componentele celulare și pot afecta permeabilitatea transmembranală și procesele de replicare celulară. Momentele exercitate asupra moleculelor influențează viteza de difuzie rotațională, în timp ce momentele exercitate asupra unor componente mai mari ale celulei (cromozomi, mitocondrii, microzomi etc.) pot perturba diferitele funcții ale celulelor.

Este cunoscut faptul că celula canceroasă are o capacitate de multiplicare exagerată, anarhică, precum și o tendință de invadare, de înlocuire și distrugere a țesuturilor normale învecinate sau îndepărtate provocînd leziuni care nu se vindecă spontan, și care duc în cele din urmă la moarte, dacă nu se intervine terapeutic. Întrucît efectul biologic esențial al magnetismului se exercită în principal asupra proceselor de diviziune celulară, este evident că magnetismul va afecta mai mult dezvoltarea celulelor tumorale maligne decît dezvoltarea celulelor normale. Tumorile cerebrale umane prezintă fibroblaste mai puțin organizate iar celulele tumorale extrem de maligne nu prezintă deloc fibrile. Lipsa coeziunii dintre celule poate fi datorată suprafeței largi de schimb și fibrilelor neadecvate pentru contacte intercelulare.

Numeroși cercetători au studiat semnalele de rezonanță electronică de spin (RES) specifică tumorilor. Mallard și Kent (1966) găsesc că semnalul RES pentru cancerul ficatului la șobolani este de aproximativ 20 de ori mai mic decît cel pentru țesutul normal, la factorul Landé $g = 2,004$. Un semnal specific pentru tumora canceroasă a fost observat la $g = 2,016$ pentru metastazele la șobolan. S-a pus în evidență faptul că pot fi prezente în cazul tumorilor molecule paramagnetice specifice. Balitski (1973) a arătat că la iepurii de casă carcinomul „Brown — Pearce” poate fi detectat în stadii timpurii printr-o anomalie specifică a semnalului electroencefalografic. Dumitrescu (1973) a arătat clinic că se poate detecta cancerul sinului uman printr-o creștere a potențialului electric cutanat și o scădere a impedanței electrice în zonele de proiecție.

Un efect biomagnetic important pentru terapia cancerului este întîrzierea, la aplicarea unor cîmpuri sta-

tice, a dezvoltării, observată în multe celule, țesuturi și organe.

Cîmpurile magnetice combinate cu microunde de o anumită frecvență provoacă regresiunea tumorii la șobolani (Riviere, 1965). Cîmpuri magnetice de 300 pînă la 620 $\text{\AA}$ au fost folosite împreună cu microunde de 3—80 cm lungime de undă pe diferite tipuri de tumori la șobolani: epiteliom atipic T8eb, adenocarcinom Erlich, limfosarcom (347 și LS-2). Expuneri de 10—20 minute au fost făcute timp de o lună de zile. Tumorile și metastazele au regresat sau au fost eliminate.

Cancerul este cauzat de un anumit dereglaj în mecanismul de autoreglare al organismului, acest mecanism fiind, cel mai probabil, de natură electromagnetică. S-a arătat (Loewenstein, 1974) că prin celulele normale pot trece moleculele mai mici și sarcinile electrice direct prin membrane speciale de trecere, în timp ce celulele tumorale nu pot realiza această trecere. Membranele speciale de trecere joacă un rol vital în comunicarea intercelulară și în controlul dezvoltării, iar presiunile magnetice asupra membranelor pot afecta această funcție vitală a membranelor.

Măsurători privind susceptibilitatea magnetică au arătat diferențieri între țesutul tumoral și cel normal. În general, celulele moarte sînt mai diamagnetice decît celulele vii, cel mai probabil datorită prezenței radicalilor liberi în celulele vii. Aceasta implică faptul că celulele care se dezvoltă mai repede sînt mai puțin diamagnetice decît celulele care se dezvoltă mai încet (așa cum arată experiențele lui Seufftle și Hembright, 1969).

Este cunoscut faptul că suprafețele membranelor celulare mamare sînt încărcate negativ (celulele mamare suspendate într-un mediu urmează liniile de forță electrice). Undele sonore, exercitînd o forță de cel puțin $2,5 \cdot 10^{-2}$ dine, reduc mobilitatea electroforetică a celulelor cu 16%, ceea ce implică faptul că forța de legătură între sarcini este mai mică decît $2,5 \cdot 10^{-2}$ dine. Mobilitățile electroforetice ale celulelor tumorale sînt cu circa 30% mai mari decît ale celulelor normale.

Cercetările de morfologie la microscopul electronic (Ambrose, 1970) asupra celulelor canceroase au arătat că suprafața exterioară a acestor celule este vizibil modificată indicînd schimbări în organizare și compoziție. Ce-

lulele tumorale prezintă o slabă coeziune intercelulară.

Microundele au fost utilizate cu bună eficiență în tratamentul tumorilor de suprafață (Schmidt, 1974). Celulele canceroase sînt mai sensibile la efectul caloric al microundelor și ele ating temperatura letală (de aproximativ 41—42°C pentru cele mai multe animale) înaintea celulelor normale. Celulele normale sînt mai eficient răcite în timpul trecerii prin circulația sanguină și sînt mai puțin afectate de radiație.

Este de notat faptul că efectele generale ale microundelor asupra țesuturilor tumorale și normale sînt similare cu cele ale cîmpurilor magnetice statice (Presman, 1970). Această similitudine este datorată, cel mai probabil, momentelor de rotație și presiunilor induse de microunde, precum și efectului magnetic asupra dipolilor electrici.

Este bine cunoscut că radiația electromagnetică poate cauza aberații cromozomale, conducînd la anomalii morfologice și de altă natură (Presman, 1970). Există date privind reversia celulelor tumorale în celule normale sub influența radiației. Pe de altă parte, este posibilă producerea cancerului de către cîmpurile electromagnetice.

Löwdin (1963) arată că procesul de tunelare protonică poate fi implicat în procesul de replicare a genei. După replicarea ADN-ului, protonii din legăturile de hidrogen trec în stări de neechilibru. Există o probabilitate finită ca protonii să efectueze tranziții de stări interzise, modificînd astfel codul genetic. Acest proces de tunelare poate fi o cauză majoră a cancerului spontan. O acumulare în timpplătoare de stări anormale poate tulbura mecanismul delicat de control al dezvoltării. Bernothly (1964) scoate în evidență posibilitatea ca niște cîmpuri magnetice să efectueze procesul de tunelare prin interacțiune directă cu spinul protonului și prin modificarea funcțiilor de undă și a probabilității de tunelare.

Replicarea genetică poate fi alterată dacă cîmpurile magnetice modifică procesele biochimice implicate în replicare. Cîmpurile magnetice statice afectează difuzia rotațională a macromoleculelor și pot afecta tipurile de reacții chimice spontane din protoplasmă. Darfman (1962) arată că moleculele de ADN au o anizotropie magnetică mare și astfel sînt foarte sensibile la cîmpuri magnetice. Într-adevăr, Mekshenkov (1965) a arătat că moleculele

de ADN se aliniază ele inelele perpendicular pe cîmpurile magnetice (6500 $\text{\AA}$) cînd sînt cufundate în mediu lichid. Deoarece cîmpurile magnetice pătrund prin tot organismul (celule, țesuturi), efectul unei asemenea polarizări a ADN-ului nu poate fi neglijat.

Femele de șobolani gravide expuse la cîmpuri de 2500—4200 $\text{\AA}$ au crescut în greutate cu 20% și au avut o viață mai scurtă decît șobolanii normali. Cîmpurile puternice pot cauza resorbția embrionului (Barnothy, 1963). Efecte similare au fost observate la șoareci expuși la cîmpuri magnetice înainte de împerechere. Anomalii morfologice de creștere au fost observate la pui de găină, la plante etc. Este de notat că aceste anomalii s-au transmis mai mult de 30 de generații, ceea ce arată modificările în codul genetic.

Cîmpurile magnetice pot influența activitatea celulară și prin efectele pe care le pot produce asupra membranelor. Datorită naturii lor semirigide, membranele celulare sînt în mod special susceptibile la magnetostricțiune (Witenberg, 1967). Dacă aceste membrane sînt formate din fosfolipide smectice, cîmpurile magnetice pot produce unde de torsiune care cauzează depolarizarea membranei și de asemenea creșterea permeabilității (Ferguson și Brown, 1968). Rezultatul lui Harmeman (1962) privind sporirea eliminării sodiului și potasiului la șoareci expuși la 7200—14 000 $\text{\AA}$ poate fi legat de depolarizarea membranei.

Creșterea permeabilității poate reduce capacitatea celulelor de a absorbi molecule specifice și de a reține materialele citoplasmatiche. Aceasta ar putea explica degenerarea celulelor, observată în multe experiențe.

Un efect posibil al unui cîmp magnetic este ca facilitarea comunicațiilor între celulele tumorale prin creșterea permeabilității să determine revenirea la celule normale. Natura implozivă a magnetostricțiunii asupra membranelor celulare poate întîrzia extinderea cancerului (Ambrose, 1970). Este de asemenea posibil ca presiunile magnetice să reducă încărcarea efectivă a suprafeței celulare prin inducerea unei simetrii mai mari în forma celulelor. Celulele canceroase par să aibă o sarcină negativă mai mare decît celulele normale.

Este evident că celulele canceroase, cel puțin unele dintre ele, sînt mai susceptibile la cîmpuri magnetice

decît cele normale: că ele sînt mai puțin organizate și mai puțin coezive decît celulele normale; că suprafața lor este încărcată mai negativ decît suprafețele celulelor normale; că au constante dielectrice mari și că ele nu pot să formeze joncțiuni membranale pentru comunicații intercelulare.

Aceste particularități biofizice ale celulelor canceroase determină un comportament electromagnetic specific, net diferențiat față de același tip de comportament al celulelor normale omoloage.

Comportamentul electromagnetic specific al tumorilor maligne se poate evidenția pregnant cu ajutorul metodelor de investigare electrografică, în special prin tehnicile electronografice. Rezultatele furnizate de aceste metode perfecționate pot constitui elemente ce contribuie la stabilirea diagnosticului, a gradului de malignitate.

EXPLORĂRI ELECTRONOGRAFICE ÎN TUMORILE MALIGNES EXPERIMENTALE

18.1. Principii generale. Explorarea electronografică a tumorilor maligne pleacă de la următoarele premise:

1. Tumora malignă, ca orice proliferare tisulară, prezintă o modificare a impedanței tisulare în raport cu țesutul organului investigat;

2. Modificarea proprietăților magnetice tisulare rezultă din diminuarea momentului dipol magnetic la nivelul celulei (se creează o fereastră sau un gol magnetic cu o evidentă anizotropie magnetică pentru regiunea tumorală — Szent-Gyorgy, 1958);

3. Tumoriile maligne modifică activitatea electrică de suprafață prin fenomene de activitate electrodermală, fenomene ce pot fi investigate cu ajutorul explorărilor electrodermale (Dumitrescu, Dănilă, Golovanov). Aceste modificări electrice la nivel cutanat trebuie diferențiate de modificările proprii țesutului neoplazic și pentru diagnosticul tumoral este necesară cunoașterea mecanismului fiziopatogenic.

Astfel, fenomenele de activare electrodermală care au ca mecanism de producere un proces de iritație periferică a căilor simpatice aferente (activare de proiecție) sau, din contră, o referință metamerică printr-o iritație exercitată prin intermediul centrilor nervoși medulari segmentari și suprasegmentari (activări corelative) trebuie să fie diferențiate față de leziunile nervoase ce pot genera procese de inactivare electrodermală.

Tumoriile maligne se pot manifesta cu caracter nespecific din punct de vedere electric sub toate cele trei aspecte distincte.

Este evident că în accepția acestor aspecte ale comportamentului electric tumoral se întrevăd posibilități de uti-

lizare a metodei electronografice ca o posibilitate de diagnostic.

Descărcările în înaltă tensiune în explorarea tumorilor maligne au fost utilizate de mai mulți autori.

Primele imagini ale comportamentului particular al tumorilor maligne au fost furnizate de Dumitrescu, Golovanov și Celan în anul 1975.

Cercetările lui S. D. Kirlian și Adamenco semnalează anterior la bolnavi cu tumori maligne o formă particulară de „aură“, modificări observate în special la bolnavii cu cancere gastrice. Înregistrări au fost făcute pe regiunile palmare, dar nu s-a publicat nici o imagine în susținerea acestor aspecte.

În anul 1976 Majajakrom descrie forme de descărcări marginale palmare la bolnavii suferinzi de tumori maligne, diferite prin structură și culoare. Ulterior, în 1977, Shaphiroff, chirurg și președinte al Societății Internaționale de Cercetări Kirlian din S.U.A., publică imagini diferite ale descărcărilor marginale (studiul formării strimerilor) pentru celule și țesuturi neoplazice.

Așa cum arată Graff, în studiul adresat Institutului Național de Sănătate din S.U.A., explorarea bolii canceroase cu ajutorul tehnicilor electrografice reprezintă un domeniu de perspectivă dintre cele mai sigure și mai importante în valorificarea acestor tehnici pentru care sînt antrenate numeroase universități și institute din Statele Unite ale Americii.

Aceste considerații preliminare ne-au determinat să realizăm un studiu experimental asupra imaginilor electronografice ale tumorilor maligne. În condițiile studierii unor tumori experimentale, animalele au fost comparate cu loturi normale. Toate aceste cercetări au totalizat un număr de explorări electronografice realizate pe 105 animale cu tumori experimentale. Explorările electronografice care au furnizat materialul experimental pe care ne întemeiem observațiile noastre poate fi sistematizat în modul următor:

1. Cercetări pe cancere experimentale cu caracter orientativ (tumori solide și lichide). Etapa I (38 animale);
2. Cercetări pe tumori experimentale ascitogene (tumora Erlich). Etapa a II-a (30 animale);
3. Cercetări pe tumori solide experimentale. Etapa a III-a (25 animale);

4. Cercetări de microelectronografie pe celule tumorale de ascită Erlich;

5. Explorări electronografice pe tumori umane cunoscute, confirmate clinic și anatomopatologic.

18.2. Cercetări electronografice cu caracter orientativ (tumori solide și lichide) (Dumitrescu Celan). Într-un stadiu inițial au fost supuse explorării electronografice loturi de șoareci și șobolani normali, cu inflamații localizate și cu tumori maligne experimentale. Ultimele loturi au constituit obiectivul principal al acestor explorări iar loturile normale și cele cu inflamații localizate au fost utilizate pentru compararea rezultatelor.

Componenta loturilor și subloturilor a fost următoarea:

1. Tumori experimentale și afecțiuni neoplazice (38 cazuri, dintre care tumori solide de tip Walker, Guerin, Carcinom — 755, Jensen 22 cazuri); leucemii murine. (L 1210) ... 7; tumori limfatice și ascitogene ... 9;

2. Inflamații localizate realizate prin abcese microbiene și substanțe iritante (abcese aseptice) ... 10;

3. Animale martor de aceeași rasă în număr total de 20.

După obținerea imaginii electronografice, animalele au fost sacrificate și analizate anatomopatologic, macro- și microscopic, iar rezultatele acestor examene au fost coroborate cu aspectul electronografic. Examenul anatomopatologic a stabilit: întinderea aparentă și reală a tumorii; frecvența atipiilor cariochinetice; stadiul de evoluție a tumorii.

Pentru mărirea contrastului și a luminozității în zonele tumorale s-a recurs la injectarea intraperitoneală sau prin puncție cardiacă a unei substanțe luminescente în ultraviolet (izotiocianat de fluoresceină și aoridin-oranj) obținându-se imagini cu calitate superioare.

Metoda electronografică evidențiază un comportament electric particular al țesutului neoplazic. Fenomenul a devenit posibil datorită unor adaptări tehnice care permit o analiză a imaginii în funcție de caracteristicile cîmpului electric aplicat.

La toate animalele cu afecțiuni neoplazice transplantate s-au evidențiat electronografic structurile neoplazice care s-au deosebit (la fiecare caz în parte) de aspectele electronografice ale animalelor martor normale și de cele ale animalelor cu procese inflamatorii.

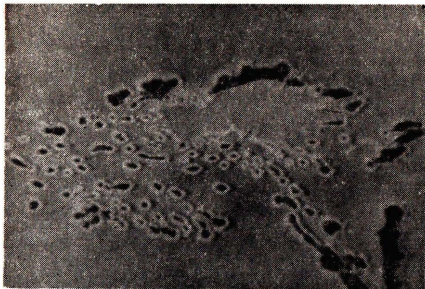


Fig. 18.1 — Tumori Walker; efect electromorf predominant în zonele tumorale (imagine originală).

Caracterele principale de malignitate desprinse din aceste cercetări sînt următoarele:

1. Creșterea emisiei luminoase în zonele neoplazice. Tumoriile apar ca cele mai luminoase zone din imagine, înconjurate de zone întunecate concentrice. În cazul leucemiilor, întreaga suprafață corporală apare mai intens luminată. Alternanța zonelor luminoase cu zone periferice întunecate traduce schimbări ale proprietăților electrice între țesutul tumoral și cel peritumoral.

În interiorul zonelor tumorale se pot pune în evidență microstructuri electrice care evidențiază interacțiuni între structura neoplazică și țesutul peritumoral. De asemenea, în interiorul tumorii pot fi evidențiate nuclee concentrice circulare cu luminozitate crescută.

2. Mărimea imaginii și a detaliilor electronografice specifice depășește limitele macroscopice ale tumorii, evidențiind adeseori caracterele electrice particulare în țesuturile aparent normale. Omogenitatea și forma zonelor luminoase sînt diferite pentru fiecare tip de tumoră punînd în evidență particularități de structură electrică.

3. Discontinuitatea conturului luminos corporal și prezența unui contur propriu structurii tumorale, uneori

prezența singulară a acestuia, sînt semne de proliferare neoplazică.

4. Apariția unor pete luminoase rotunde, adeseori în ciorchini de mărimi diferite.

Procesele inflamatorii nu au o structură electronografică delimitată (sînt difuze), sînt mai puțin luminoase decît țesuturile tumorale sau nu apar deloc în imagini.

18.3. Cercetări asupra efectului electromorf în tumori ascitogene (Erich). S-a investigat efectul electromorf pe loturi de șobolani de rasă Wistar (masculi) inoculați intraabdominal cu ascită Erlich.

Studiul întreprins a urmărit atît distincția în aspectul electronografic al tumorilor lichidiene, cît mai ales evoluția gradată evidențiată prin acest mod de explorare (fig. 18.2. a, b, c).

De la a 4-a zi de inoculare intraabdominală cu lichidul de ascită a fost urmărită zilnic prin electronografii seriate dezvoltarea tumorilor abdominale. Electronografiile au fost realizate prin expunere într-un dispozitiv cu ecran

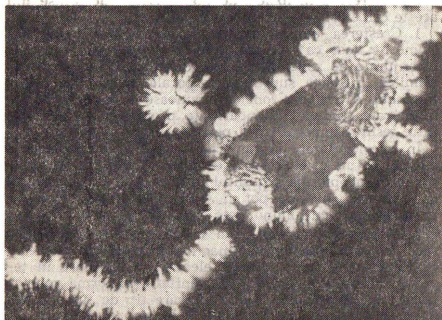


Fig. 18.2 — Creșterea luminozității intraabdominale la șoarece în condițiile inoculării ascitei Erlich în evoluție (imagini originale).

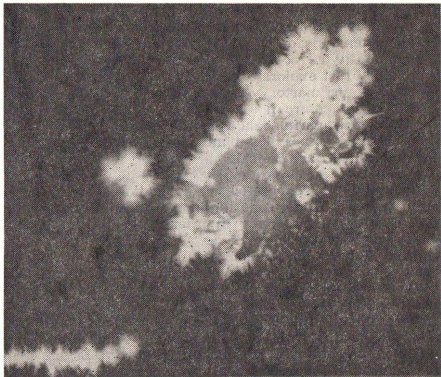


Fig. 18.2 *b*

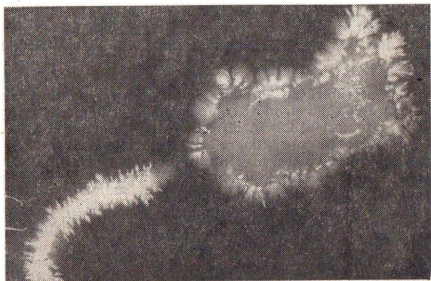


Fig. 18.2 *c*

prin plasarea corpului animalului investigat la masa sursei electronografice. Expunerile electronografice s-au făcut la o tensiune de 27 kV, cu impuls unic negativ.

Comparativ cu acest lot, alte trei loturi de câte șase animale au fost explorate identic.

Aceste loturi martor conțineau:

a) șobolani cărora li s-a produs o ascită reactivă prin injectarea intraperitoneală de bulion steril;

b) șobolani cărora li s-a introdus, în experiment acut, intraperitoneal ser fiziologic;

c) șobolani femele gestante.

Imaginile electronografice au evidențiat apariția în țesutul tumoral a unei zone luminoase, începând din ziua a 8-a, care crește progresiv în intensitate și volum odată cu dezvoltarea tumorii maligne.

Filmele color au evidențiat în zonele cu emisie de lumină culoarea roșie. Filmele seriate arată trecerea de la lumina albastră a efectului electromorf la lumina roșie caracteristică ascitei Erlich.

Imaginile obținute la șobolanii martor cu ascită reactivă și lichid peritoneal în experiment acut se deosebesc net de imaginile obținute la șobolanii cu ascită Erlich, prin luminozitatea abdomenului și prin predominanța culorii albastre a efectului electromorf.

O imagine comparabilă cu imaginea electronografică a tumorilor Erlich este generată de femelele de șobolani gestante. Atât descărcările marginale, cât și efectul electromorf iau un aspect electronografic asemănător ascitei Erlich.

18.4. Cercetări pe tumori solide experimentale. În această etapă am urmărit comportamentul electronografic al unor tumori solide în diferite etape de evoluție a lor.

Un lot de 25 șobolani grefați cu sarcom Walker (obținut prin bunăvoința Institutului Oncologic Cluj) a fost supus unor repetate examene electronografice la diferite perioade ale evoluției grefei tumorale.

Pentru explorarea electronografică s-a utilizat o sursă de impuls cu amplitudine fixă de 29 kV, cu polaritate pozitivă și negativă, pulsul aplicat având panta ascendentă cu o durată de 1,5 μ s. S-a utilizat un ecran cu fluorescență și altul cu fosforescență, precum și un dispozitiv de tipul condensatorului complet în care animalul



Fig. 18.3 — Carcinom 755; detalii de structura tumorii (imagine originală).

a fost izolat pe plăcile electrod prin două cristale dielectrice de 6 mm. Animalele observate au fost introduse în dispozitivul de expunere. S-au obținut imagini în alb-negru pe film radiologic și film color negativ și reversibil (Agfacrom).

În condițiile expunerilor electronografice utilizate, tumorile grefate deveneau vizibile din a noua zi după grefare. Imaginea finală se caracterizează prin descărcări marginale (efect pelicular) cu aspect diferit de cele obținute pentru țesutul sănătos. Imaginea tumorală este înconjurată pe o suprafață ce depășește limitele tumorii de un efect electromorf, ce este mai intens evidențiat prin expunerea animalelor în dispozitivul de înregistrare de tip condensator complet (fig. 18.3). Această zonă de lu-



Fig. 18.4 — Tumoră Walker (imagini originale).

minescență difuză și peritumorală apare pe filmele color sub forma unei zone de culoare roșie.

Efectele descrise cresc progresiv cu dezvoltarea procesului neoplazic permițând urmărirea evoluției tumorale (fig. 18.4 a, b).

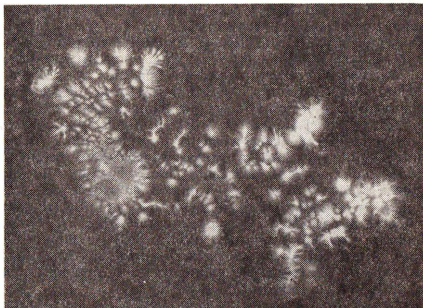


Fig. 18.4 b

În cele trei tipuri de dispozitive de înregistrare imagini au fost diferite în funcție de calitatea luminoforului folosit. Imagini bine delimitate ale tumorilor pot fi observate și cu ajutorul dispozitivului simplu de expunere în câmp.

Cercetările efectuate în acest cadru experimental au confirmat observațiile anterioare privind aspectul electric particular al tumorilor experimentale.

De asemenea, aceste cercetări au mai demonstrat dependența culorii fundamentale a efectului electromorf pe de o parte de culoarea de emisie a luminoforului utilizat, iar pe de altă parte de valoarea energetică a impulsului. Această ultimă corelație a putut fi evidențiată cu ajutorul dispozitivului de expunere în câmp.

18.5. Cercetări de microelectronografie pe celulele tumorale de ascită Erlich. Cu ajutorul tehnicii microelectronografice s-a investigat comportamentul celulelor neoplazice într-un model experimental (ascita Erlich). Au fost preparate lame cu celule tumorale de ascită Erlich provenite de la animale inoculate cu tumori ascitogene

Erlich. Celulele vii au fost întinse în strat unicelular, acoperite cu emulsie fotosensibilă de autografie, expuse electronografic, dezvoltate și fixate. Preparatul astfel expus a fost examinat microscopic și comparat cu aspectul microscopic normal. Dacă în imaginea microscopică obișnuită celulele tumorale Erlich sînt puțin diferențiate, imaginea în electroluminescență demonstrează existența unor diferențieri funcționale ce traduc activități electrice diferite în cadrul aceluiași grup de celule. Astfel, unele dintre celule prezintă o intensă luminozitate perimembranală, demonstrînd existența unor activități electrice intense la acest nivel. De asemenea, în aceste celule se constată prezența unei luminescențe și la nivel nuclear.

Aceste observații ne îndreptățesc să credem că celulele tumorale prezintă numeroase diferențieri funcționale, cu toate că aparent au același aspect morfologic. Examine în grup, de asemenea, se poate constata prezența unor celule Erlich cu activități diferite.

Apariția unor diferențieri de luminescență ale aceluiași tip de celule poate fi determinată de variații ale impedanței electrice la nivelul membranelor, variații rezultate din existența unui transfer ionic transmembranal modificat.

EXPLORAREA ELECTRONOGRAFICĂ A BOLII CANCEROASE LA OM

În cadrul explorărilor electronografice în diferite domenii de patologie umană am investigat un număr de peste 5000 subiecți umani, precum și un număr de 171 de tumori maligne cu diferite localizări.

Aceste tumori au fost următoarele:

1. Tumori maligne abdominale (84 de cazuri);
2. Cancere de sîn (21 de cazuri);
3. Cancere pulmonare (4 cazuri);
4. Alte tumori maligne (17 cazuri);
5. Tumori maligne cutanate (45 cazuri).

În acest studiu general am urmărit explorarea electronografică a tumorilor maligne în scopul determinării caracteristicilor distinctive ale acestora în comparație cu alte aspecte de patologie localizată (afecțiuni inflamatorii, afecțiuni tumorale benigne, leziuni etc.) însumînd un număr de 171 de cazuri.

Observațiile cu caracter diferențial diagnostic obținute pe aceste două loturi martor au condus, de asemenea, la explorarea aspectelor specifice tumorilor maligne. Deși cercetările noastre de pînă acum nu epuizează toate posibilitățile de investigare electronografică a tumorilor maligne, ne propunem prezentarea sumară a principalelor elemente ce pot furniza criterii de studiu în acest domeniu de patologie.

19.1. Elemente distinctive rezultate din explorarea electronografică a tumorilor maligne umane. Explorările electronografice ale tumorilor maligne au evidențiat în majoritatea cazurilor (62,3% — reprezentînd 103 cazuri din totalul de 171) că procesul tumoral se distinge de restul imaginilor organismului prin modificări ale

imaginii circumscrise procesului proliferativ sau prin modificări în afara acestuia.

Spre deosebire de imaginea radiologică a unei tumori maligne, explorarea electronografică evidențiază caracteristicile electrice ale țesutului tumoral (fig. 19.1 a și b).

Aspectele electronografice ce traduc existența unei tumori maligne sînt semne directe sau indirecte ale unei modificări de comportament electric locale sau generale. Prin semnele directe se înțeleg înregistrările ce prezintă elemente de imagine caracteristice tumorii investigate ce apar la locul de delimitare a tumorii. Spre deosebire de acestea, caracteristicile indirecte se traduc prin modificări ale imaginii în vecinătatea tumorii sau la distanță de ea evidențiind existența unor aspecte electrice ne-specifice.

Vom prezenta în cele ce urmează principalele caracteristici ale investigării electronografice privind tumorile maligne.

Aspectul cel mai semnificativ al existenței unui proces tumoral este evidențierea unui efect electromorf intens luminos situat în zona de roșu sau violet a spectrului de emisie. Intensitatea emisiei de lumină este determinată de mărimea tumorii, de profunzimea la care se află în organism, de consistența și delimitarea ei, precum și de caracteristicile tehnicii de investigare (energia impulsului aplicat, sediul tumorii în circuitul de investigare, sensibilitatea și selectivitatea ecranului utilizat) (foto 8).

În 26% din tumorile investigate nu am putut evidenția efecte electromorfe în măsură să confirme prezența tumorii.

Imaginea luminoasă evidențiată de cele mai multe tumori are o intensitate crescută față de imaginile de efect electromorf evidențiate în restul organismului. Ea poate fi bine delimitată fiind înconjurată de o zonă întunecată proprie sau este formată din contopirea unor zone neomogene cu luminozitate nodulară de intensitate și culori diferite. Imaginea poate fi reprezentată uneori de neomogenități luminoase ce includ în interiorul lor o zonă întunecată sau din zone luminoase plasate la distanță.

În țesuturile moi ale organismului imaginea radiologică nu a putut localiza decît prin semne prezumtive tumora. În 3 cazuri de sarcoame musculare imaginea elec-



Fig. 19.1 — Sarcom muscular la braț: *a)* imagine radiografică (originală);
b) imagine electronografică (originală).



Fig. 19.1 Ø

tronografică a relevat tumora în absența oricărui semn radiologic.

În imaginile color ale efectului electromorf s-au evidențiat zone colorate în roșu sau ultraviolet cu evidente diferențieri față de fondul imaginii.

În tumorile maligne cutanate (carcinoame, epitelioame spino-celulare, melanoame maligne etc.) s-a observat cu caracter constant apariția unei radiații roșii intense în regiunea tumorii sau în zonele întunecate spre deosebire de carcinoamele bazocelulare, tumori relativ benigne, care numai în rare cazuri prezintă acest aspect. Emisia particulară în zona cromatică de roșu a tumorilor maligne poate fi explicată prin fenomenul de frinare a strimerilor care își pierde din energia inițială în condițiile întâlnirii unui baraj de potențial.

19.1.1. *Modificări ale efectului pelicular.* În țesutul tumoral se constată în toate cazurile investigate o modificare a descărcărilor marginale atât ca polaritate, cât și ca luminozitate (fig. 19.2).

Un fenomen interesant legat de caracterele efectului pelicular este fenomenul conversiei de polaritate a stri-



Fig. 19.2 — Imagine electronografică (originală) a miosarcomului prezentat în fig. 19.1 (detaliu de localizare a tumorii).

merilor. În condițiile aplicării unui impuls ce formează strimeri pozitivi sau negativi, în regiunea tumorii sau învecinat acesteia apar strimeri de polaritate opusă. Fenomenul este prezent în tumorile cu potențial malign ridicat și este rareori întâlnit în tumorile benigne (fig. 19.3 a, b, c).

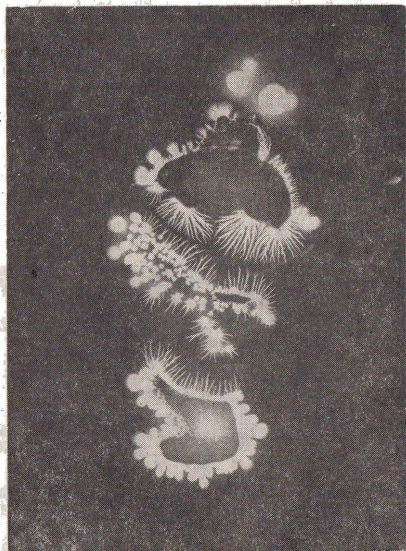


Fig. 19.3 — Imagini electronografice pe cancere de buză (originale).
Se observă fenomenul de conversie al strimerilor.
a — obținută prin impuls negativ.

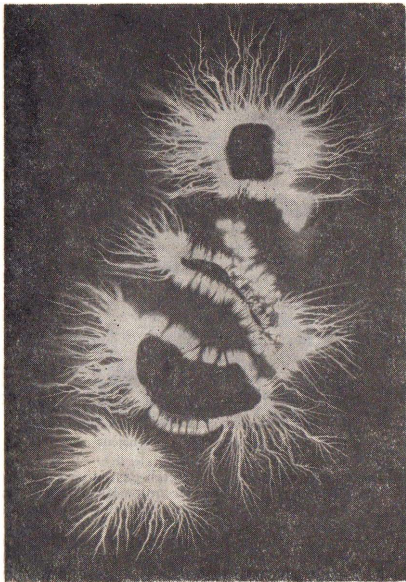


Fig. 19.3 b — Imagine obținută prin impuls pozitiv.

Interpretarea sa este legată de procesele electrice din teritoriul afectat de tumora malignă și necesită studii ce vor aduce argumente în favoarea utilizării explorărilor electrice în diagnosticul tumorilor maligne.

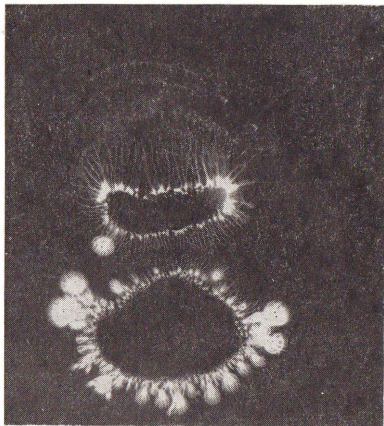


Fig. 19.3 c — Imagine obținută prin impuls negativ.

19.1.2. *Puncte și zone cu caracter de activare electrodermală.* Diagnosticul cu caracter nespecific poate fi furnizat de prezența punctelor electrodermice sau a zonelor de activare electrodermală.

Aceste modificări sînt nespecifice și traduc un proces de iritație în viscerotom cu activare circumsorită în dermatomul corespondent (în cazul unei activări corelative) sau un proces de iritație pe căile aferente ale simpaticului periferic (activare distributivă).

Procesul tumoral poate produce modificări prin ambele mecanisme, generînd fenomene de activare electrodermală. Puncte electrodermice numeroase semnifică tumori difuze, ca de exemplu iritația peritoneală prin diseminare neoplazică. Punctele localizate se găsesc destul de rar în neoplaziile organelor interne. Se poate remarca chiar o



Fig. 19.4 — Cancer al buzei (imagine originală).

tendință la ocluzie a tuturor punctelor corelate la distanță și apariția unor puncte electrodermice false în vecinătatea tumorii.

Asemănător punctelor electrodermice, apar zone de activare cutanată (mai frecvente în tumorile abdominale). Zonele de activare se deosebesc de zonele generate de efectul electromorf prin faptul că au delimitări precise și luminozitate mai mică.

19.1.3. *Stratul de aeroioni aderenți*. Un alt semn prezumtiv de tumoră malignă este dispariția imaginilor stratului de aeroioni aderenți ce sînt normal structurați în jurul unui subiect sănătos sau care prezintă alte afecțiuni inflamatorii.

Dispariția stratului de aeroioni proximali din jurul mîinilor a fost găsită la bolnavi cu cancere cutanate.

Acest fenomen frecvent evidențiat în tumorile maligne cutanate este identic cu cel generat, de exemplu, de expunerea palmei unui om sănătos la acțiunea radiațiilor ultraviolete.

O altă observație în acest sens a fost obținută prin analiza spectrografică a strimerilor produși în jurul mîinilor bolnavilor de cancer. Strimerii obținuți prin descărcările palmare au o cantitate crescută de radiații în violet în comparație cu subiecții normali sau cu bolnavii care au tumori benigne.

Și aceste observații sînt în curs de verificare pe loturi mari de bolnavi canceroși.

19.2. Semnificații de interes diagnostic. În stadiul actual, electronografia nu reprezintă o metodă sigură de diagnostic pozitiv și diferențial, dar datele obținute pe baza criteriilor de eliminare permit să se indice:

1. Diagnosticul de localizare prin prezența unor anomalii de imagine cu localizare anatomică sau prin apariția unor semne indirecte de patologie corelativă (puncte electrodermice și zone de activare).

2. Diagnosticul prezumtiv de tumoră malignă se sprijină pe evidențierea unor zone luminoase cu caracterele descrise. Spre deosebire de aceste caractere, procesele inflamatorii se exteriorizează prin zone și puncte de activare. Tumorile benigne prezintă, de asemenea, zone de

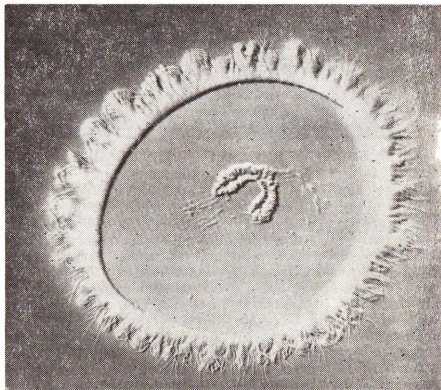


Fig. 19.5 a și b — Imagini electronografice ale unor cancere de sîn. Se observă diferite zone nodulare.

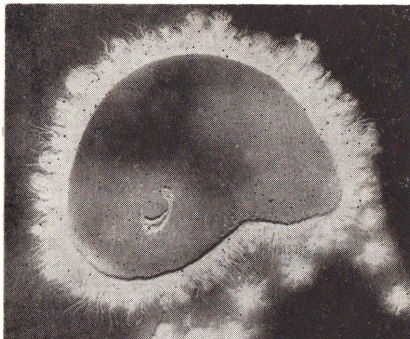


Fig. 19.5 b

efect electromorf, dar acestea sînt bine delimitate și au o intensitate luminoasă net inferioară procesului tumoral malign (fig. 19.5 a și b).

Cercetările prezentate în acest cadru limitat argumentează posibilitatea utilizării metodei electronografice în cercetarea bolii canceroase sub aspectul comportamentului electric al tumorii maligne (fig. 19.6).

Înregistrările obținute în acest cadru ne-au condus la constatarea că tumorile maligne se deosebesc de țesuturile sănătoase nu numai prin impedanța electrică diferită, dar și prin fenomene active de absorbție a radiațiilor electromagnetice generate de o variație bruscă a cîmpului explorator la care sînt supuse în dispozitivul de electronografie. Considerăm că aceste efecte electronografice sînt de mare importanță în studierea mecanismului patogen al bolii neoplazice.

Dependența efectelor electronografice de calitățile impulsului de foarte înaltă tensiune utilizat s-a demonstrat în toată cazuistica studiată. Efectul este optim la o anu-

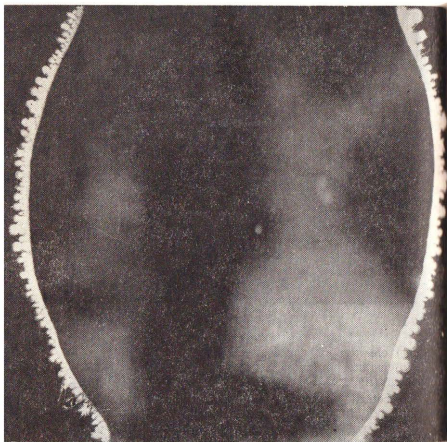


Fig. 19.6 — Tumoră sigmoidiană cu efect electromorf predominant (imagine originală).

mită energie, pantă activă și luminofor utilizat, toate acestea fiind determinate de caracteristicile fiecărui tip de tumoră și de fiecare localizare anatomică.

Considerăm că în prezent utilizarea electronografiei în studiul comportamentului biofizic tumoral este mult mai importantă decît în diagnostic. Am dezvoltat cercetările noastre în acest sens. Modificările electrice de la nivelul tumorii nu sînt izolate în cadrul organismului. Disparația sau reducerea stratului de aeroioni aderenți detectabili

la toți subiecții umani normali reprezintă un fenomen ce poate fi explicat prin perturbările secundare celor produse în mediul electric biologic de către tumoră. Aceste perturbații se traduc fie prin diminuarea capacității de ionizare a aerului din vecinătatea organismului, fie prin diminuarea atracției exercitate de organism asupra aerolionilor structurați sau prin ambele fenomene asociate. Se pune în discuție comportamentul particular al tumorii maligne, asemănător cu cel al microsurselor de UV sau X.

Acest comportament sugerează posibilitatea existenței unei radiații biologice de tipul radiațiilor ultraviolete, mai intense în zona procesului neoplazic. Similitudinea de comportament permite o revenire la ipoteza lansată de Gurwich în urmă cu 4 decenii când s-au demonstrat influențele exercitate de tumorile experimentale maligne asupra creșterii țesuturilor vegetale. Cercetări recente efectuate în S.U.A. și U.R.S.S. tind să reactualizeze observațiile lui Gurwich.

Partea a V-a

**TEHNICA EXPLORĂRILOR
ELECTROGRAFICE**

PRINCIPII DE TEHNICĂ ELECTROGRAFICĂ ȘI APARATE DE ELECTROGRAFIE ȘI ELECTRONOGRAFIE

20.1. Generalități despre electrografie. În lucrarea noastră am acceptat termenul de „electrografie” în sensul etimologic al cuvântului, considerînd improprie atribuirea lui exclusiv fotografiei în înaltă tensiune. Astfel, prin electrografie se va înțelege o imagine ce semnifică un răspuns electric al obiectului de cercetat. Cea mai generală schemă de producere a unei electrografii este cea prezentată în fig. 20.1. Sursa electrică A acționează energetic asupra obiectului B. Ea se poate alimenta la rețea sau baterie și va da la ieșire un semnal caracterizat printr-o formă de undă cu un anumit nivel al tensiunii, al puterii, cu o frecvență de repetiție. Se folosește o largă varietate a formelor de undă (fig. 20.2).

În funcție de aplicație, amplitudinile semnalului pot fi de la foarte joasă tensiune la foarte înaltă tensiune, la fel frecvențele. Puterile sînt în general în limite mai strînse: medii, mici și foarte mici.

Obiectul B supus acțiunii sursei electrice A poate fi solid, lichid sau gazos, structură vie sau inanimată.

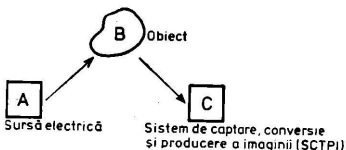


Fig. 20.1 — Schema generală de principiu în electrografie (originală)

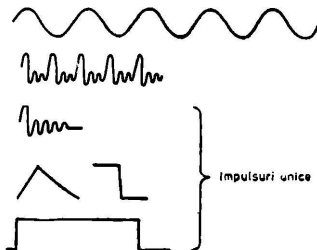


Fig. 20.2 — Forme de undă utilizate în electrografie.

Sistemul C de captare, transducție și producere a imaginii diferă foarte mult în funcție de mărimea ce se va înregistra pe imagine.

La intrarea sistemului C și în cele din urmă pe electrografie se obține o informație ce conține parametrii semnalului electric al sursei A și parametrii obiectului. Se vor înregistra astfel efecte ale curentului electric, ca: efect magnetic, termic, de electroluminescență, ponderomotor, de descărcare alunecătoare, polarizare electrostatică etc.

Importanța studiului electrografiei constă în aceea că știind parametrii semnalului se pot estima din imagini unii parametri ai obiectului și invers, cunoscând comportarea obiectului se pot deduce parametrii semnalului.

Vom descrie în continuare diferite tehnici electrografice specificând de fiecare dată aspectele legate de semnalul sursei electrice, obiectul investigat și sistemul de captare, transducție și producere a imaginii.

20.2. Metode clasice de electrografie. 20.2.1. *Clidono-grafia*. Cea mai veche metodă de electrografie a fost imaginată acum două secole de Lichtenberg. Între cei doi electrozi ai dispozitivului experimental folosit se aplică un impuls de înaltă tensiune. Pulberea utilizată ca senzor se va mișca (efect ponderomotor) și se va orienta într-o formă

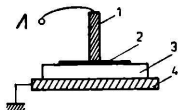
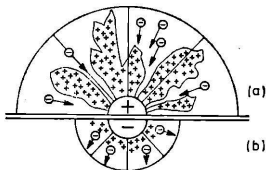


Fig. 20.3 — Schema de principiu pentru clidonografie.

caracteristică ce a primit numele de figură Lichtenberg. Mai târziu, în loc de pulbere s-a folosit o placă fotografică impresionată de descărcarea alunecătoare cu efect luminos ce apare la suprafața superioară a dielectricului. Tehnica de obținere a figurii a fost numită clidonografie, iar dispozitivul, clidonograf sau înregistrator de impuls de tensiune.

Mărimea și forma figurilor Lichtenberg se explică ușor printr-un mecanism identic cu cel al dezvoltării strimurilor pozitivi. Dacă impulsul este negativ, electronii sînt respinși de electrod și lasă în urmă sarcină pozitivă care nu se va mai ramifica, ci va fi atrasă de electrod.

Clidonografu este constituit dintr-o sursă electrică ce dă ca semnal un impuls unic de tensiune. Obiectul supus acestuia este gazos: aerul de la suprafața dielectricului. Sistemul de captare, transducție și producere a imaginii (SCTPI) se bazează fie pe efectul ponderomotor, fie pe bază de descărcări alunecătoare cu efect luminos înregistrat prin tehnica fotografică. Imaginea va depinde astfel de forma și amplitudinea impulsului unic, de calitățile obiectului: presiune, puritate, umiditate, stare de ionizare, de însușirile pulberii: dimensiuni, greutate, mobilitate electrică, precum și de calitatea plăcii fotografice (fig. 20.4).



(b) Fig. 20.4 — Mecanismul de formare al figurilor Lichtenberg.

Fig. 20.5 — Utilizarea electrografiei în defectoscopia (schemă originală).



Dacă se lasă ca mărime variabilă doar amplitudinea impulsului, studiul figurilor Lichtenberg duce la stabilirea unei corelații între raza figurii și amplitudinea impulsului. Scopul clidonografiei constă în determinarea amplitudinii impulsului prin măsurarea razei figurii obținute.

20.2.2. Electrografia în defectoscopia. Este cunoscută utilizarea impulsului de înaltă tensiune la testarea echipamentelor electrice, ca: transformatoare, întrerupătoare, mașini electrice rotative. Studiul comportamentului materialelor la impulsul de înaltă tensiune se folosește cu succes și în defectoscopia, pentru detectarea, de exemplu, a locului unde s-a străpuns izolația înfășurării unei bobine. Mai nou, electrografia în electroluminescență se dovedește a fi foarte utilă în defectoscopia nedistructivă.

Imaginea înregistrată pe filmul din montajul prezentat în fig. 20.5 depinde, printre altele, și de starea suprafeței celor doi electrozi (planeitatea ei), precum și de suprafețele dielectricului și omogenitatea lui. În felul acesta, având două elemente cunoscute, de exemplu planeitatea unuia dintre electrozi și dielectricul, se poate studia planeitatea celui de-al doilea electrod.

20.2.3. Holografia în microunde. Senzația referitoare la imaginea unui obiect se formează ca urmare a analizei efectuate de complexul ochi-sistem nervos asupra radiației vizibile incidente pe retină (fig. 20.6).

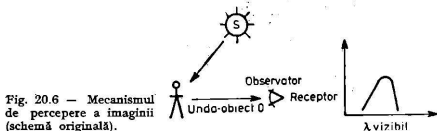
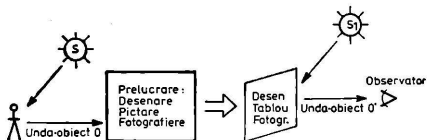


Fig. 20.6 — Mecanismul de percepere a imaginii (schemă originală).



Desenul, pictura, fotografia.... constituie mijloace comune de înregistrare a imaginilor

Fig. 20.7 — Înregistrarea și redarea imaginilor.

Unda percepută de observator (O') se deosebește de unda obiect O , fiind mai săracă în informație.

Holografia este un procedeu de înregistrare a unei obiect, astfel încât observatorul percepe o undă O' teoretic identică cu O . În timp ce o fotografie nu înregistrează decât intensitatea luminii incidente (fig. 20.7), holograma înregistrează informația adițională dată de fază care este conținută în figura de interferență ce o formează unda O cu o undă de referință.

Holografia a fost inventată de D. Gabor în 1948, inițial ca o metodă de îmbunătățire a rezoluției microscopului electronic. Aranjamentul lui Gabor nu separa unda reconstituită de un fond nedorit, lucru făcut în 1962 de Leith și Upatnieks prin introducerea fasciculului de referință înclinat față de axă. Aceiași autori au realizat și primele holograme prin reflexie difuză de la un obiect care au dat reconstrucții tridimensionale remarcabile. O schemă tipică de înregistrare pentru holograma cu reflexie difuză ca și reconstrucția ei sînt arătate în fig. 20.8.

Unda reconstituită dă o imagine virtuală care apare exact ca originalul, incluzînd și efectele tridimensionale la schimbarea unghiului de privire. Informația înmagazinată este conținută pe toată suprafața hologramei, astfel că dacă vom avea doar o porțiune din hologramă se poate reconstitui întreaga imagine. Singurul defect rămîne reducerea raportului semnal/zgomot.

Prima hologramă produsă prin interferența a două fascicule de microunde datează din 1950 și a fost realizată de E. Kock la laboratoarele Bell Telephone. El uti-

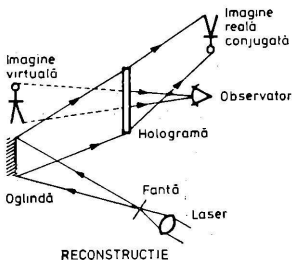
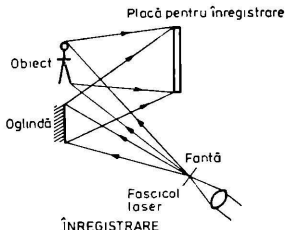


Fig. 20.8 — Înregistrarea și redarea unei holograme.

liza o mică antenă pentru detectarea cîmpului de interferență.

Semnalul detectat era apoi amplificat și servea la alimentarea unei lămpi cu neon. Lampa lumina mai tare sau mai slab impresionînd o placă fotosensibilă (fig. 20.9).

În 1959, J. R. Patty ameliorea procedeul prin asocierea la detector a unui tub catodic: deplasarea spotului era sincronizată cu cea a detectorului, iar imaginea ce apărea pe ecran se fotografia. Pentru reconstrucția ima-

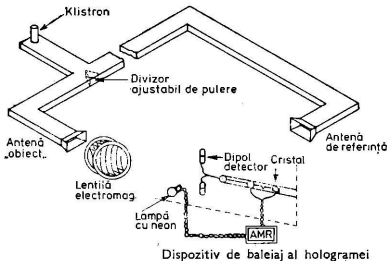


Fig. 20.9 — Montajul lui W. E. Kock de înregistrare a hologramei în microunde.

ginii, Patty ilumina fotografia cu o sursă luminoasă monocromatică (nu începuse încă dezvoltarea tehnicilor laser).

În 1965 R. R. Dooley reia experiențele lui Patty folosind de data aceasta laserul la reconstrucția imaginii. În 1969 se descrie o metodă de obținere a hologramelor la cîmpuri slabe, în 1970 utilizarea pentru vizualizarea obiectelor metalice ascunse, iar în 1973 este perfecționată metoda din 1969 pentru vizualizarea obiectelor ascunse de medii dielectrice. În același an aceiași autori descriu o metodă de vizualizare în microunde care nu utilizează holografia (avînd însă o rezoluție mai proastă) care are avantajul că este mai operativă, evitînd fotografia și reconstrucția cu laser. Aceiași autori revin în 1975 cu o metodă perfecționată care îmbină utilizarea holografiei cu eliminarea fotografierii și reconstrucției cu laser. Dispozitivul utilizat de această metodă are schema bloc din fig. 20.10. Se poate vedea schematic unita-

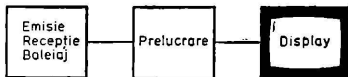


Fig. 20.10 — Schema generală a înregistrării și redării imaginii în microunde.

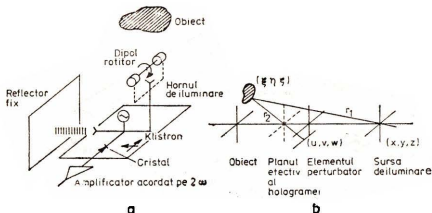


Fig. 20.11 — a) Dispozitivul de înregistrare a hologramei; b) Sistemul de coordonate utilizat pentru încadrarea matematică a metodei.

tea de emisie-recepție-baleiaj în fig. 20.11 a, iar în fig. 20.11 b, sistemele de coordonate ce ajută la formularea matematică a funcției acestei unități.

Sursa de microunde trimite un fascicul care iluminează obiectul iar un alt fascicul pe un reflector fix. Fasciculul incident pe obiect $E_i(\xi, \eta)$ va fi reflectat mai mult sau mai puțin proporțional cu funcția de reflecție $D(\xi, \eta)$ a obiectului. Expresia generală a câmpului pe dipol (datorat reflexiei) va fi :

$$\psi_1(u, v, w) = A_1 \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} E_i(\xi, \eta) \exp(ik_2 r_2) \partial \xi \partial \eta.$$

Considerînd frontul de undă sferic, $E_i(\xi, \eta)$ va avea forma :

$$E_i(\xi, \eta) = A_2 \exp(ik_2 r_1).$$

Combinăm cele două ecuații și trecem la coordonate carteziene :

$$\psi_2 = A_4 \exp[ik_2(w + z)] \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} D(\xi, \eta) \exp \left\{ ik_2 \left[\frac{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}{2z} + \frac{(u - \xi)^2 + (v - \eta)^2}{2w} \right] \right\} \partial \xi \partial \eta.$$

Cîmpul total pe dipol va fi suma dintre $\psi_2(u, v, w)$ și $E_i(u, v, w)$. Dacă se baleiază și dipolul, sincron cu hornul ce iluminează, adică $x = u$, $y = v$, pe de o parte se va putea înlocui $E_i(u, v, w)$ cu o constantă complexă A_s , iar, pe de altă parte $\psi_2(u, v, w)$ va deveni:

$$\psi_2(u, v, w) = A_s \exp [ik_2(w + z)] \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} D(\xi, \eta) \exp \left\{ ik_2 \left[\frac{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2}{2wz/w + z} \right] \right\} \partial \xi \partial \eta.$$

Cîmpul pe dipol este deci: $A_s + \psi(u, v, w)$. În forma ultimă a lui $\psi_2(u, v, w)$ se recunoaște cîmpul de difracție, dar într-un plan la distanța $wz/w + z$ față de obiect. Prin urmare, dacă sursa ce iluminează este baleiată împreună cu receptorul, distribuția de cîmp a obiectului este înregistrată într-un plan efectiv al hologramei mai apropiat de obiect decît elementul sesizor, în același timp, cîmpul sursei se elimină din înregistrarea hologramei.

În vederea detectării unor cîmpuri foarte slabe, dipolul se rotește cu o viteză constantă, fapt ce duce la modularea cîmpului total de dipol, deci a cîmpului recepționat și de aici posibilitatea unei amplificări selective mari. După obținerea lui $\psi(x, y, z)$ să vedem cum se poate calcula imaginea $D(x, y, 0)$ în vederea afișării ei. Se arată că se poate exprima ca o convoluție a funcției de reflexie D cu o funcție numită funcția lui Green:

$$\psi(x, y, z) = D(x, y, 0) \oplus G(x, y, z | 0, \lambda).$$

Imaginea dată de ultima relație se generează convenabil folosind algoritmul F.F.T. (Fast-Fourier-Transform), deoarece convoluția lui cu G este transformată inversă a produsului transformatelor lor. Reconstrucția prin calcul a imaginii în microunde din valorile măsurate dă o metodă flexibilă de vizualizare. Datele sînt într-o formă convenabilă pentru a putea utiliza subrutina specializată pentru processing de imagine. Deși reconstrucția descrisă este aproximativă, dă totuși posibilitatea vizualizării unor obiecte cu dimensiuni doar de cîteva lungimi de undă ale microundelor. Interpretarea imaginii de către operator constituie și ea un factor important.

Holografia în microunde (sau vizualizarea directă fără holografie) este deci o metodă electrografică la care sursa electrică generează un semnal sinusoidal (microunde) de mică putere; obiectul este un corp ce reflectă mai mult sau mai puțin semnalul; sistemul de captare, transducție și producere a imaginii are la intrare un detector punctiform de câmp, iar pentru obținerea imaginii se face apel la tehnica de calcul, afișarea ei realizându-se pe monitor TV.

Imaginea în microunde (milimetrice, de exemplu), a unui organism cu sau fără holografie, ar da informații inedite asupra proprietăților organismului investigat. Se pot astfel vizualiza toate punctele active de acupunctură, se poate studia influența câmpurilor diferitelor organe.

Abordarea tehnică a aparaturii de obținere a imaginii de microunde a organismelor implică fie o adaptare în genul modelelor amintite mai sus, fie variante noi bazate pe captatori de câmp speciali (de exemplu, mozaic de cavități sub forma unui ecran) sau traductori de câmp cu cristale (de exemplu, un ecran cu cristale lichide). O metodă interesantă este cea potrivit căreia imaginea în microunde se obține ca diferența a două termografii, și anume termografia organismului „iluminat” în microunde și termografia lui fără sursa de microunde. Această metodă se bazează pe efectul termic al microundelor: zonele care vor reflecta mai mult microundele se vor încălzi mai puțin decât zonele ce le vor absorbi.

20.2.4. Electroforeza. În 1807 Reiss observă mișcarea unui lichid în corp poros așezat în câmp electric. În 1853 se fac primele cercetări de separare a substanțelor cu ajutorul curentului electric (Hitorff). Termenul de electroforeză a fost folosit pentru prima oară în Anglia în 1899 și semnifică în general migrarea unor particule coloidale în câmp electric.

Electroforeza este o tehnică electrografică la care sursa electrică generează curent continuu cu intensități de ordinul miliamperilor până la zeci de miliamperi și tensiuni de zeci până la sute de volți. Obiectul studiat este constituit din particulele coloidale. Din punctul de vedere al sistemului de captare-transducție și producere a imaginii (SCTPI), există două aspecte ale electroforezei, corespun-

zătoare modurilor de producere a migrării. S-au pus la punct dispozitive pentru cazul migrării în coloana de lichid, precum și altele pentru migrarea în corp poros (hîrtie de filtru, pulbere de sticlă etc.). Din prima categorie cel mai cunoscut este aparatul Tiselius, a doua metodă fiind comunicată în 1937 de către König, dar pusă în circulație largă abia după 1949.

Rezultatul unei electroforeze se materializează într-o imagine din care se deduc proprietăți ale corpului cercetat, ca mobilitatea, cantitatea relativă și absolută a componentelor separate electroforetic, omogenitatea fracțiunilor.

Procedeul pe hîrtie a căpătat cea mai largă aplicație în domeniul medical prin lucrările lui Durrum, Wieland, Grasman.

O bandă de hîrtie de filtru îmbibată cu o soluție tampon este introdusă într-un spațiu închis. Serul de analizat este aplicat pe hîrtie sub formă de picătură; sub influența curentului electric aplicat la capetele benzii se vor produce migrarea și desfacerea în fracțiuni. Introducînd banda într-o soluție de colorant, se realizează revelarea fracțiunilor care rămîn sub forma unor spoturi după îndepărtarea excesului de colorant. Evaluarea fracțiunilor se poate face direct sau prin decuparea spoturilor și introducerea lor într-un lichid de eluție care este apoi supus unei dozări colorimetrice. Se poate folosi, de asemenea, un colorant marcat, evaluarea făcîndu-se prin citirea la un contor de radiații.

20.3. Generatoare de impuls de tensiune în electrografie. Instalațiile de impuls de tensiune permit obținerea în laborator a unor unde aperiodice cu o durată a frontului de la microsecunde pînă la sute de microsecunde. Schemele de bază ale instalației de impuls de tensiune conțin cel puțin două acumulatori de energie: fie două condensatoare, fie un condensator și o inductanță. Există și scheme cu patru acumulatori de energie (două condensatoare și două inductanțe) destinate în principal studierii efectului supratensiunilor de comutație în instalațiile electrice. În fig. 20.12 se prezintă cîteva dintre schemele de principiu ale unei instalații de impuls de tensiune. Condensatorul de impuls C_1 este încărcat de la o in-

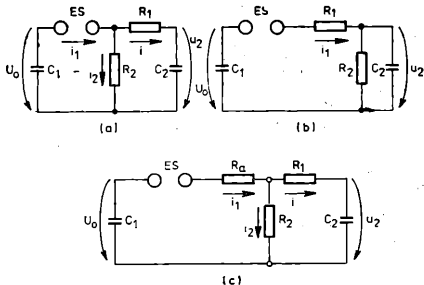


Fig. 20.12 — Scheme de principiu ale instalației de impuls de tensiune.

stalație de tensiune continuă pînă la o valoare U_0 . În momentul în care are loc străpungerea spațiului între sferele eclatorului de amorsare ES , condensatorul de impuls C_1 se descarcă pe impedanța de sarcină alcătuită din capacitatea C_2 și rezistența R_2 prin intermediul rezistenței de amortizare și al rezistenței de front R_1 . Alegerea convenabilă a parametrilor schemei permite obținerea tensiunii u_2 de forma dorită.

Pentru a se evidenția criteriile de alegere a elementelor schemei unei instalații de impuls de tensiune, se vor urmări fenomenele considerîndu-se montajul din fig. 20.12 c. (De fapt, se observă imediat că schema c permite o tratare a problemei într-un caz mai general: într-adevăr, schema din fig. 20.12 a. derivă din schema 20.12 c., dacă $R_a = 0$). În general, pentru studierea regimului tranzitoriu al unui circuit linear se pot utiliza mai multe metode, spre exemplu metoda integrării directe a ecuațiilor lui Kirchhoff, metoda operațională (sau a transformatei Laplace), metoda analizei spectrale (sau a integralei Fourier), metoda răspunsului tranzitoriu. Vom adopta metoda operațională, în conformitate cu care, pentru

o funcție de o variabilă, $f(t)$, numită original, se definește transformata Laplace sau imaginea Laplace:

$$F(p) = \mathcal{L}[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t)e^{-pt} dt, \quad (20.1)$$

unde $F(p)$ este o funcție de variabilă complexă p .

Pentru determinarea originalului se aplică prima formă a teoremei dezvoltării sau a lui Heavieside, pentru o transformată Laplace egală cu raportul a două funcții întregi de p , $F(p) = \frac{P(p)}{Q(p)}$ și rezultă:

$$f(t) = \sum_k \frac{P(p_k)}{Q'(p_k)} e^{p_k t}, \quad Q(p_k) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (20.2)$$

unde $p_k \neq 0$ sînt rădăcinile funcției $Q(p)$, deci polii funcției $F(p)$.

Se scriu ecuațiile valabile la timpul t , după amorsarea eclatorului ES:

$$\begin{cases} U_0 - \frac{1}{C_1} \int_0^t i_1 dt = R_a i_1 + R_2(i_1 - i) \\ R_2(i_1 - i) = R_1 i + u_2 \\ i = C_2 \frac{du_2}{dt} \end{cases} \quad (20.3)$$

Prin eliminarea curenților i_1 și i și rezolvarea sistemului de ecuații în raport cu u_2 , se obține:

$$\begin{aligned} & \frac{R_2 C_1 + R_a C_1 + R_1 C_2 + R_2 C_2}{R_2 C_1} u_2 + \frac{C_2}{R_2} (R_a R_2 + R_a R_1 + \\ & + R_2 R_1) \frac{du_2}{dt} + \frac{1}{C_1 R_2} \int_0^t u_2 dt = U_0. \end{aligned} \quad (20.4)$$

Aplicînd transformata Laplace și luînd în considerație condițiile inițiale: $t = 0$, $u_2 = 0$, se obține:

$$F(p) = \mathcal{L}[u(t)] = \frac{P(p)}{Q(p)} = \frac{k U_0}{ap^2 + bp + 1}, \quad (20.5)$$

în care s-au utilizat notațiile :

$$\begin{cases} k = C_1 R_2 \\ a = C_1 C_2 (R_2 R_2 + R_2 R_1 + R_2 R_1) \\ b = R_2 C_1 + R_2 C_1 + R_1 C_2 + R_2 C_2. \end{cases} \quad (20.6)$$

Dacă se introduc următoarele notații :

$$\begin{cases} \theta = \sqrt{a} \\ \alpha = \frac{b}{2\theta} \end{cases} \quad (20.7)$$

relația (20.5) devine :

$$F(p) = \mathcal{L}[u(t)] = \frac{kU_0}{\theta^2 p^2 + 2\alpha\theta p + 1}. \quad (20.8)$$

În conformitate cu prima formă a teoremei dezvoltării, în care intervin polii funcției $F(p)$:

$$p_1 = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1}}{\theta}; \quad p_2 = \frac{-\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1}}{\theta} \quad (20.9)$$

introducînd și notația :

$$\eta = \frac{b}{k} \quad (20.10)$$

rezultă funcția original $u_2(t)$:

$$u_2(t) = \frac{\alpha U_0}{\eta \sqrt{\alpha^2 - 1}} \left(e^{-(\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1})\frac{t}{\theta}} - e^{-(\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1})\frac{t}{\theta}} \right). \quad (20.11)$$

Relația (20.11) reprezintă deci tensiunea u_2 la bornele impedanței de sarcină, care rezultă ca o undă aperiodică provenind din însumarea a două funcții exponențiale, dintre care una cu semnul plus, iar cealaltă cu semnul minus. Tensiunea $u_2(t)$, în electrografie, se aplică sistemului format din structura vie de investigat, în configurația adoptată, care mai conține peliculă fotografică, ecran dielectric, luminofor, electrozi; parametrii undei dublu exponențiale (impuls de tensiune) se stabilesc experimental, în corelare cu modelarea analitică pe baza unei scheme echivalente.

Parametrii undei de impuls: valoare maximă (amplitudine), durată convențională a frontului, τ_f și durată con-

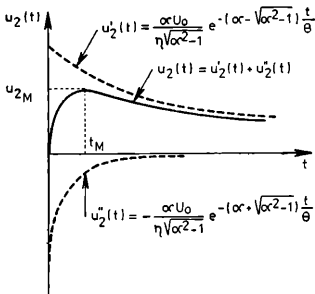


Fig. 20.13 — Forma tensiunii de ieșire a instalației de impuls de tensiune.

vențională a semiamplitudinii, τ_s , se realizează adoptând valori corespunzătoare pentru elementele schemei instalației de impuls de tensiune și pentru tensiunea U_0 de alimentare.

În principal, durata frontului undei, τ_f , este determinată de rezistența serie R_1 , de rezistența de amortizare R_s și de capacitatea de sarcină C_2 (fig. 20.12 c).

Durata semiamplitudinii, τ_s , este determinată de capacitatea de impuls C_1 și de rezistența de descărcare R_2 .

În aprecierea performanțelor unei instalații de impuls de tensiune o importanță deosebită o are factorul de utilizare definit de relația:

$$C = \frac{U_{2M}}{U_0}, \quad (20.12)$$

deci de raportul dintre valoarea maximă a tensiunii produse la bornele impedenței de sarcină și tensiunea continuă U_0 .

Tensiunea de impuls dată de (20.11) se poate scrie simplificat sub forma:

$$u_2 = A U_0 (e^{-\gamma_1 t} - e^{-\gamma_2 t}) \quad (20.13)$$

a cărei valoare maximă se obține la timpul t_M dat de relația:

$$\frac{du_2}{dt} = A U_0 (-\gamma_1 e^{-\gamma_1 t} + \gamma_2 e^{-\gamma_2 t}) = 0, \quad (20.14)$$

din care rezultă:

$$t_M = \frac{\ln \frac{\gamma_2}{\gamma_1}}{\gamma_2 - \gamma_1} \quad (20.15)$$

sau, luînd în considerație expresiile pentru γ_1 și γ_2 :

$$\gamma_1 = \frac{\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1}}{\theta} \quad (20.16); \quad \gamma_2 = \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1}}{\theta} \quad (20.17)$$

se calculează:

$$\xi = \frac{u_{2M}}{U_0} \eta \quad (20.18)$$

din care rezultă:

$$\xi = \frac{\alpha}{\sqrt{\alpha^2 - 1}} \left[e^{-\frac{\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1}}{2\sqrt{\alpha^2 - 1}} \ln \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1}}{\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1}}} - e^{-\frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1}}{2\sqrt{\alpha^2 - 1}} \ln \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1}}{\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1}}} \right] \quad (20.19)$$

Se observă că expresia $\xi = \eta \frac{u_{2M}}{U_0}$ se poate determina numai în funcție de α . Dealtfel, prin împărțirea expresiei cu η se obține coeficientul C de utilizare a schemei. Evident, se impune alegerea parametrilor schemei astfel încît să se obțină un coeficient C de utilizare cît mai mare.

De fapt însă, condiția primordială impusă în calculul schemei generatorului de impuls utilizat în electronografie este obținerea unei anumite unde predeterminate. Schema unui generator de impuls este perfect definită dacă sînt cunoscuți cei trei parametri: α , θ și η . Din relația (20.11) se observă:

a) Parametrul α determină forma undei de impuls, adică raportul dintre durata convențională a frontului de undă τ_f și durata convențională a semiamplitudinii τ_s ;

b) Parametrul θ definește duratele convenționale ale frontului și semiamplitudinii;

c) Parametrul η determină amplitudinea undei de impuls sau coeficientul de utilizare a schemei.

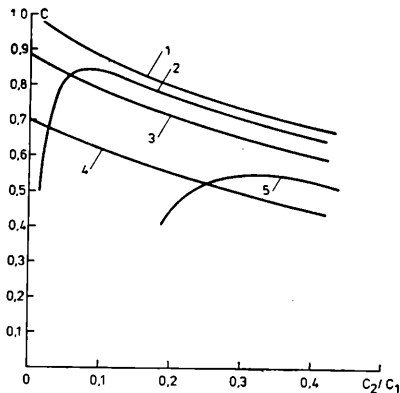
Admițind impuși parametri α , θ și η se pot determina parametrii k , a și b (relațiile 20.6), urmînd apoi stabilirea valorilor pentru elementele schemei. Rezolvarea analitică a problemei este imposibilă (un sistem de trei ecuații cu cinci necunoscute). De aceea, se procedează la adoptarea unor valori pentru condensatorul de impuls C_1 și condensatorul C_2 , care rezultă din condițiile asigurării energiei necesare instalației pentru efectuarea încercărilor (în funcție de structura investigată) și obținerii unui coeficient de utilizare a instalației cît mai bun.

Sistemul de ecuații (20.6) devine astfel perfect compatibil, urmînd ca prin rezolvare să se determine rezistența serie R_1 , rezistența de amortizare R_a și rezistența R_2 . Constanta de timp $R_a C_2$ se adoptă mult mai mică decît constanta de timp $R_2 C_1$, astfel încît influența capacității de sarcină dispăre odată cu producerea frontului undei.

În tehnică, pentru stabilirea parametrilor unei instalații de impuls de tensiune se operează cu nomograme de calcul. În fig. 20.14 se prezintă variația coeficientului de utilizare C în funcție de raportul C_2/C_1 . Se observă că pentru unda normalizată 1,2/50, raportul C_2/C_1 poate varia în limitele 0,05—0,2 pentru obținerea unui coeficient de utilizare $C > 0,8$.

Analiza proceselor din schema generatorului se complică considerabil dacă în calcul se iau în considerație capacitatea parazită C_p a schemei și inductanța L_p a circuitului de descărcare. Dificultățile care apar în analiza schemei complete impun să se opereze cu schemele simplificate din fig. 20.12. Dacă în realizarea rezistențelor și a condensatoarelor se iau măsuri de reducere la minimum a inductivităților proprii, inductivitatea circuitului de descărcare este relativ mică. Oscilațiile care apar din cauza acestei inductivități sînt amortizate de rezistența R_1 . În aceste condiții, influența inductivității circuitului de descărcare asupra formei undei de tensiune este neglijabilă și deci se poate opera cu schemele simplificate din fig. 20.12 a, b, c.

De fapt, în laboratorul de înaltă tensiune generatorul de impuls de tensiune comportă mai multe etaje, în care condensatoarele de impuls se încarcă în paralel, și apoi se descarcă în serie. Modificarea configurației circuitului



- 1 Impuls 1,2 / 50 , schema a
- 2 Impuls 1,2 / 50 , schema b
- 3. Impuls 1 / 100 , schema a
- 4 Impuls 1 / 100 , schema b
- 5 Impuls 1 / 5 , schema b

Fig. 20.14 — Coeficientul de utilizare C în funcție de C_2/C_1 .

se face cu ajutorul eclatoarelor de amorsare. În fig. 20.15 se prezintă instalația cu mai multe etaje avînd ca schemă de principiu schema din fig. 20.12 c.

Încărcarea condensatoarelor nC_1 ale instalației de impuls de tensiune se face de la o sursă de tensiune continuă U_0 , prin intermediul rezistențelor de încărcare R_0 . În momentul în care tensiunea la bornele capacităților nC_1 depășește tensiunea de străpungere a intervalului dintre sferele eclatoarelor de amorsare ES , condensatoarele de valoare nC_1 sînt conectate în serie stabilind o schemă de descărcare echivalentă conform fig. 20.12 c.

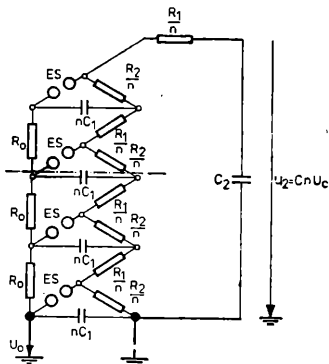


Fig. 20.15— Instalație de impuls de tensiune cu mai multe etaje.

În studiul fenomenelor care au loc la încărcarea instalației de impuls de tensiune se adoptă o schemă cu parametrii uniform distribuiți (fig. 20.16). Se consideră un lanț de n cuadripoli de lungime l , avînd rezistențele și capacitățile uniform distribuite.

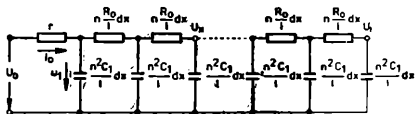


Fig. 20.16 — Schema circuitului de încărcare pentru o instalație de impuls de tensiune.

Pentru schema din fig. 20.16 se pot scrie relațiile :

$$u_1 = u_0 - r\vartheta_0 \quad (20.20)$$

$$du_x = \frac{nR_0}{l} dx \cdot \vartheta_x \quad (20.21)$$

$$d\vartheta_x = p \frac{n^2 C_1}{l} \cdot dx u_x \quad (20.22)$$

Se folosesc relațiile : $\mathcal{L}[u] = u$ și $\mathcal{L}(i) = \vartheta$.

Din relațiile (21) și (22) rezultă :

$$\frac{d^2 u_x}{dx^2} = \frac{nR_0}{l} \cdot p \cdot \frac{n^2 C_1}{l} u_x \quad (20.23)$$

avînd soluția :

$$u_x = Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x}, \quad (20.24)$$

unde :

$$\gamma = \frac{n}{l} \sqrt{pnR_0 C_1}. \quad (20.25)$$

Constantele de integrare A și B rezultă din condițiile la limită scrise sub forma :

$$\begin{aligned} - \text{pentru } x = 0 & \quad u(0) = u_1 = u_0 - r\vartheta(0), \\ - \text{pentru } x = l & \quad \vartheta(l) = 0. \end{aligned} \quad (20.26)$$

Deoarece din relația (21) se obține :

$$\vartheta_x = \frac{nR_0}{l} \cdot \frac{du_x}{dx} \quad (20.27)$$

rezultă :

$$\vartheta_x = \frac{l\gamma}{nR_0} (-Ae^{-\gamma x} + Be^{\gamma x}) \quad (20.28)$$

și deci

$$\vartheta(0) = \vartheta_0 = \frac{l\gamma}{nR_0} (B - A) \quad (20.29)$$

iar

$$\vartheta(l) = \frac{l\gamma}{nR_0} (-Ae^{-\gamma l} + Be^{\gamma l}). \quad (20.30)$$

Din prima ecuație (20.26) se deduce :

$$A + B = \mathcal{U}_0 - r \frac{l\gamma}{nR_0} (B - A) \quad (20.31)$$

sau

$$A \left(1 - \frac{rl}{nR_0} \gamma \right) + B \left(1 + \frac{rl}{R_0 n} \gamma \right) = \mathcal{U}_0 \quad (20.32)$$

iar din relația (20.30) rezultă :

$$Ae^{-\gamma l} - Be^{\gamma l} = 0. \quad (20.33)$$

Relațiile (20.32) și (20.33) permit determinarea constantelor de integrare. După efectuarea calculelor rezultă :

$$\begin{aligned} A &= \frac{\mathcal{U}_0 e^{\gamma l}}{2ch\gamma l - 2 \frac{l\gamma}{nR_0} \gamma sh\gamma l} \\ B &= \frac{\mathcal{U}_0 e^{-\gamma l}}{2ch\gamma l - 2 \frac{l\gamma}{nR_0} \gamma sh\gamma l} \end{aligned} \quad (20.34)$$

Tensiunea $\mathcal{U}_x$ va prezenta o variație de forma :

$$\mathcal{U}_x = \frac{ch\gamma(l-x)}{ch\gamma l - \frac{l\gamma}{nR_0} \gamma sh\gamma l} \mathcal{U}_0 \quad (20.35)$$

Dacă se notează :

$$\gamma l = n \sqrt{pnR_0 C_1} = \Phi \quad (20.36)$$

și dacă se ia în considerație că într-un sistem discret, raportul $\frac{x}{l}$ poate fi înlocuit cu $\frac{i}{n}$ unde i este rangul etajului considerat, relația (20.35) poate fi scrisă sub forma finală :

$$\mathcal{U}_x = \frac{ch\Phi \left(1 - \frac{i}{n} \right)}{ch\Phi - \frac{r}{nR_0} sh\Phi} \mathcal{U}_0. \quad (20.37)$$

Trecerea în domeniul timp se face utilizând formulele teoremei dezvoltării (în cazul în care se consideră alimentarea de la o sursă continuă, în relația (20.37) intervine în loc de $\mathcal{U}_0$ factorul $\frac{U_0}{p}$, iar dacă se consideră alimentarea de la o sursă de tensiune redresată se introduce expresia corespunzătoare a tensiunii în domeniul imagine Laplace). Calculele, efectuate pentru cazul conectării la o sursă de tensiune continuă, indică faptul că pentru ultimul condensator de impuls constanta de timp a procesului de încărcare poate fi dată practic de relația :

$$T = \frac{4\pi^2 R_0 C_1}{\pi^2} + r n^2 C_1. \quad (20.38)$$

Pentru o instalație de impuls de tensiune cu 6 etaje, avînd $R_0 = 20 \text{ k}\Omega$, $C_1 = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$ și $r = 50 \text{ k}\Omega$, rezultă o constantă de încărcare $T = 0,35 \text{ }\mu\text{s}$ (fig. 20.17, curba *a*). În cazurile practice, încărcarea se face de la o instalație de tensiune continuă obținută prin redresarea tensiunii alternative. Din această cauză încărcarea ultimului condensator al instalației se face conform curbei *b* din fig. 20.17, cu o constantă de timp T_0 mai mare decît valoarea teoretică T . La utilizarea instalației de impuls de tensiune se ia în considerație necesitatea ca intervalul dintre două impulsuri

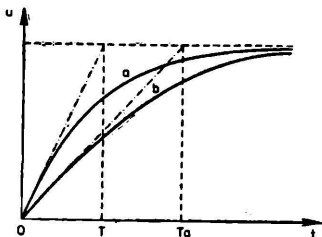
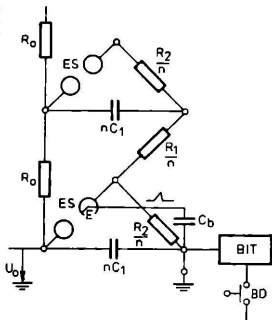


Fig. 20.17 — Încărcarea condensatoarelor instalației de impuls de tensiune.

Fig. 20.18 — Schema de declanșare comandată a instalației de impuls de tensiune.



successive să fie mai mare decât constanta de încărcare T , pentru ca în momentul amorsării spațiului dintre sferele eclatoarelor ES , toate condensatoarele de impuls ale instalației să fie încărcate practic la aceeași valoare a tensiunii.

Funcționarea instalației de impuls de tensiune poate avea loc în regim de autoamorsare sau în regim de amorsare comandată. În cazul instalațiilor lucrind în regim de amorsare, procesul de descărcare începe în momentul în care tensiunea la bornele condensatoarelor de impuls depășește tensiunea de străpungere a intervalului eclatoarelor cu sfere ES . Datorită caracterului aleatoriu al fenomenului de amorsare, intervalul dintre două impulsuri succesive, ca și amplitudinea tensiunii obținute, nu pot fi precis controlate. De aceea, funcționarea în regim de autoamorsare a instalațiilor de impuls de tensiune nu este utilizată practic.

Declanșarea comandată a instalației de impuls de tensiune se face în mod uzual utilizând un electrod auxiliar de comandă E montat la eclatorul de amorsare al primului etaj (fig. 20.18). Distanța dintre eclatoarele de amorsare ES se reglează astfel, încît tensiunea de stră-

pungere a intervalului dintre sfere să fie puțin mai mare decât tensiunea U_0 de încărcare. La momentul dorit, este comandat (manual sau de la o instalație de reglaj automat), butonul de declanșare BD . Blocul de înaltă tensiune BIT conduce la formarea unui impuls de durată redusă (de ordinul microsecundelor) cu o amplitudine de 10—20 kV care se transmite la electrodul auxiliar E prin intermediul condensatorului de blocaj C_b . Spațiul de câțiva milimetri dintre electrodul auxiliar și sfera eclatorului de amorsare ES este străpuns și descărcarea locală care apare conduce la amorsarea descărcării principale. Condensatorul C_b are rolul de a nu permite solicitarea blocului BIT de către tensiunea înaltă care apare pe sfera superioară a instalației după amorsarea descărcării principale. Pentru protecția blocului BIT este montat și un eclator.

20.4. Adoptarea unei scheme echivalente a instalației de investigare. Problema adoptării unei scheme echivalente, în scopul determinării parametrilor optimi ai instalației, se reduce în fond la modelarea țesutului viu printr-un circuit care, deși de formă foarte simplă, întocmit pe baza a numeroase ipoteze de aproximare, să poată constitui un model pentru studiul pe calculatorul numeric al diferitelor variante de configurații electrod-izolant-structură organică.

Cercetările noastre anterioare au evidențiat că studierea calitativă și cantitativă a proprietăților electrice pasive (rezistența explorată în curent continuu, impunând în circuitul de măsurare existența unei surse exosomatice, impedanța și capacitatea determinate în curent alternativ) și a proprietăților electrice active (potențial electrice) ale sistemelor biologice necesită utilizarea teoriei fenomenologice a electromagnetismului într-o formulare generală, referitoare la câmpul electric într-un volum conductor, produs de o anumită densitate de curent aplicat și admitînd convențional existența unui mediu liniar, infinit, omogen, izotrop, caracterizat prin conducibilitate electrică, permeabilitate magnetică și permitivitate dielectrică.

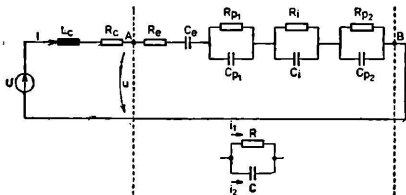


Fig. 20.19 — Schema echivalentă a instalației de experimentare.

Sursele potențialelor biologice sînt situate în medii conductoare electrolitice, cu caracter complex, a căror neliniaritate și variabilitate în timp sînt generate de particularitățile funcționale ale structurilor biologice.

Dificultățile de modelare matematică a caracteristicilor reale ale organismului viu — care este un volum-conducător neomogen cu anizotropie electrică, compus dintr-o multitudine de surse independente, care interferează spațio-temporar în mod variabil, ca și de reprezentare, printr-o schemă echivalentă, sînt evidente.

În cele ce urmează vom adopta pentru organismul viu schema Bordier-Nogier, care derivă din schema Freiburger prin considerarea unei componente capacitive a țesuturilor interne. În fig. 20.19 se prezintă schema echivalentă a instalației de investigare.

În schemă intervin: parametrii conexiunilor dintre generatorul de impuls de tensiune și electrozi — inductivitatea L_c și rezistența R_c —, parametrii zonei protectoare, aer și ecran izolant — rezistența R_e și capacitatea C_e —, parametrii organismului viu — rezistențele învelișului cutanat R_{p1} , și R_{p2} , rezistența organelor interne R_i , capacitățile învelișului cutanat C_{p1} și C_{p2} capacitatea organelor interne C_i . În scopul determinării unei expresii de calcul pentru tensiunea la bornele AB, se operează cu o rezistență echivalentă R și o capacitate echivalentă C .

O primă problemă de rezolvat o reprezintă adoptarea unei configurații de studiu astfel încît inductivitatea conexiunilor să nu producă oscilații la borna A. În acest

scop se adoptă un circuit echivalent RC pentru ecranul izolat + organismul viu și se scriu ecuațiile diferențiale pentru schema din fig. 20.19, la aplicarea unui impuls de tensiune.

$$\begin{cases} U = L_c \frac{di}{dt} + R_c i + u \\ \frac{di}{dt} = \frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} \\ i_1 = \frac{u}{R} \\ i_2 = C \frac{du}{dt} \end{cases} \quad (20.39)$$

Din ecuațiile (20.39) rezultă :

$$CL_c \frac{d^2 u}{dt^2} + \left(R_c C + \frac{L_c}{R} \right) \frac{du}{dt} + \left(\frac{R_c}{R} + 1 \right) u = U. \quad (20.40)$$

Soluțiile ecuației diferențiale sînt :

$$u = kU \left[1 - \frac{e^{-\xi \omega_n t}}{\sqrt{1 - \xi^2}} \sin(\omega_n \sqrt{1 - \xi^2} t + \arctg \frac{\sqrt{1 - \xi^2}}{\xi}) \right] \quad (20.41)$$

pentru $\xi < 1$;

$$u = kU \left[1 - \frac{e^{-\xi \omega_n t}}{\sqrt{\xi^2 - 1}} \operatorname{sh}(\omega_n \sqrt{\xi^2 - 1} t + \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\xi^2 - 1}}{\xi}) \right] \quad (20.42)$$

pentru $\xi > 1$.

S-au folosit notațiile :

$$\xi = \frac{R_c C + \frac{L_c}{R}}{2 \sqrt{CL_c(R_c/R + 1)}}; \quad \omega_n = \sqrt{\frac{\frac{R_c}{R} + 1}{CL_c}}; \quad k = \frac{1}{\frac{R_c}{R} + 1}. \quad (20.43)$$

În fig. 20.20 se prezintă răspunsul tranzitoriu al configurației ecran izolat-țesut viu pentru o treaptă unitară de tensiune. Timpul de răspuns al schemei este proporțional cu ariile hașurate din fig. 20.20 a și b.

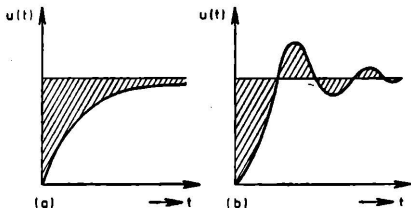


Fig. 20.20 — Răspunsul tranzitoriu la treapta unitară de tensiune aplicată; *a* — răspuns aperiodic; *b* — răspuns oscilant amortizat.

Parametrii țesuturilor vii variază în funcție de zona investigată. Corelat cu valorile rezistenței și capacității țesutului, variază tensiunea și deci intensitatea cimpului electric, care va conduce la impresiunea diferențiată a filmului fotografic.

20.5. Determinarea analitică a influenței parametrilor schemei de încercare asupra intensității cimpului electric la care este solicitat subiectul analizat.

Analiza efectuată s-a realizat pe baza schemei echivalente indicată în fig. 20.21, în care au fost utilizate notațiile: L_c și R_c sînt inductivitatea și respectiv rezistența conexiunii dintre sursa de tensiune și dispozitivul în care are loc

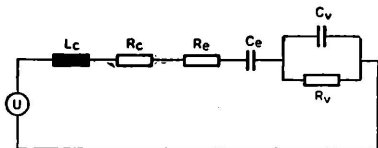


Fig. 20.21 — Schema echivalentă a configurației experimentale.

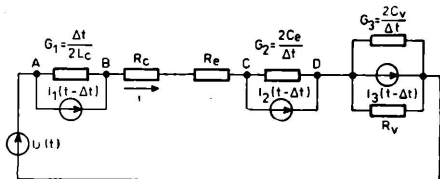


Fig. 20.22 — Schema de calcul a configurației studiate.

studiul, R_e și C_e — rezistența și respectiv capacitatea zonei protectoare (interval de aer și ecran electroizolant).

C_v și R_v — capacitatea și rezistența echivalentă a organismului viu supus studiului.

În calculul efectuat, elementele reactive ale schemei (capacități și inductivități) au fost înlocuite prin schema lor echivalentă calculată prin metoda trapezelor. Schema de calcul este indicată în fig. 20.22 unde au fost utilizate notațiile :

$$\begin{cases} I_1(t - \Delta t) = i(t - \Delta t) + \frac{\Delta t}{2L_c} [u_A(t - \Delta t) - u_B(t - \Delta t)] \\ I_2(t - \Delta t) = -\frac{2C_e}{\Delta t} [u_C(t - \Delta t) - u_D(t - \Delta t)] - i(t - \Delta t) \\ I_3(t - \Delta t) = -\frac{2C_v}{\Delta t} [u_D(t - \Delta t)] - i(t - \Delta t) + \frac{1}{R_v} u_D(t - \Delta t). \end{cases} \quad (20.44)$$

Din schema de calcul rezultă relațiile :

$$\begin{cases} i(t) = \frac{\Delta t}{2L_c} [u_A(t) - u_B(t)] + I_1(t - \Delta t) \\ i(t) = \frac{2C_e}{\Delta t} [u_C(t) - u_D(t)] + I_2(t - \Delta t) \\ i(t) = \frac{1}{R_e + R_v} [u_B(t) - u_C(t)] \\ i(t) = \frac{2C_v}{\Delta t} [u_D(t)] + I_3(t - \Delta t) + \frac{1}{R_v} u_D(t). \end{cases} \quad (20.45)$$

Pe baza relațiilor de calcul (20.44) și (20.45), tensiunea și implicit intensitatea cîmpului electric la care este supus subiectul au fost calculate cu ajutorul unui program de calcul.

În cadrul programului de calcul s-a ținut seama că din relația (20.45) rezultă :

$$u_D(t) = \frac{1}{\frac{1}{R_v} + \frac{2C_v}{\Delta t}} [i(t) - I_3(t - \Delta t)], \quad (20.46)$$

unde :

$$i(t) = \frac{1}{K} u_A(t) + \frac{1}{K} \left[\frac{2L_c}{\Delta t} I_1(t - \Delta t) + \frac{\Delta t}{2C_c} I_2(t - \Delta t) + \frac{1}{\frac{1}{R_v} + \frac{2C_v}{\Delta t}} I_3(t - \Delta t) \right]. \quad (20.47)$$

În relația (20.47) s-a utilizat notația :

$$K = \frac{2L_c}{\Delta t} + R_c + R_s + \frac{\Delta t}{2C_c} + \frac{1}{\frac{1}{R_v} + \frac{2C_v}{\Delta t}}. \quad (20.48)$$

În cadrul analizei efectuate tensiunea aplicată a fost considerată ca fiind de forma :

$$u_A(t) = A(e^{-t/T_1} - e^{-t/T_2}), \quad (20.49)$$

unde constantele de timp T_1 și T_2 depind de forma impulsului aplicat iar constanta A , de amplitudinea tensiunii aplicate.

Intervalul de calcul Δt a fost ales pentru a obține o precizie de calcul suficientă. Astfel, în cazul studiilor efectuate cu impulsuri scurte (durata frontului undei circa 1 μ s) Δt s-a luat egal cu 50 ns iar în cazul impulsurilor lungi (durata frontului undei circa 100 μ s), Δt s-a luat egal cu 5 μ s.

Tensiunile din diferitele puncte ale schemei se determină fiind cunoscut curentul din circuit și tensiunea $u_D(t)$ calculată din relația (46).

$$\begin{cases} u_c(t) = u_D(t) + \frac{2C_c}{\Delta t} [i(t) - I_2(t - \Delta t)] \\ u_B(t) = u_c(t) + (R_c + R_s) \cdot i(t). \end{cases} \quad (20.50)$$

În calculele efectuate într-o primă aproximație s-a considerat că sursa are o putere mare (impedanța internă a sursei practic zero). Pentru surse de putere redusă, este necesar ca schema de calcul să fie completată cu impedența internă a sursei.

Prin adoptarea mai multor variante referitoare la configurația sistemului de măsurare s-au obținut parametrii optimi ai ecranului izolat (material, dimensiuni, dispunere în câmpul electromagnetic) în corelare cu impulsul aplicat, căruia i se pot varia amplitudinea și duratele frontului și semiamplitudinii în funcție de zona organismului viu care se investighează.

20.6. Tehnica Kirlian. S. D. Kirlian și Valentina Kirlian, expunând metoda lor, o definesc ca un mijloc de obținere a fotografiilor prin acțiunea curenților de înaltă frecvență, principiul fiind transformarea proprietăților neelectrice ale subiectului fotografiat în unele electrice într-un câmp în care are loc transferul controlat al sarcinii de la obiect pe un film fotografic sau un ecran.

Kirlian nu precizează care ar fi acele proprietăți neelectrice care s-ar „transforma” în proprietăți electrice. Aceasta nu a împiedicat răspîndirea metodei. Dimpotrivă, fotografia Kirlian tocmai de aceea a putut să fie folosită de unii cercetători ca „dovadă” în favoarea unor ipoteze referitoare la existența bioplasmei, energiei vitale etc. Alți autori au luat o atitudine complet opusă, afirmînd că fotografia Kirlian este doar înregistrarea unei simple descărcări de tip corona, variațiile care apar în cazul corpurilor vii fiind datorate, exclusiv, umidității acestora. Și pentru noi acest tip de fotografie reprezintă înregistrarea unei descărcări corona, dar considerăm că elementul viu se manifestă nu numai prin umiditate, ci mult mai complex. Argumente în acest sens se găsesc din plin în analiza proceselor fizice care au loc la fotografierea în câmpuri de înaltă tensiune.

În principiu, metoda Kirlian este un procedeu de electrografie la care sursa electrică generează un semnal asemănător cu cel al unei stații radar. Frecvența semnalului sinusoidal este între 75 kHz și 3 MHz, amplitudinea între 20 kV și 100 kV, durata impulsului 2 ms pînă la 10 ms (uneori mult mai mică), frecvența de repetiție a pulsului fiind de 50 pînă la 60 Hz. Din pricina duratei

mici a pulsului, puterea sursei este mică, de ordinul waților (puterea în impuls, desigur, este mult mai mare), ceea ce duce la posibilitatea proiectării unui generator de dimensiuni mici, alimentat la baterie.

Primul generator conceput de Kirlian, foarte simplu (bazat pe bobină Tesla și întrerupător electromecanic), dădea o formă de impuls nu îndeajuns de stabilă. Mai târziu, cercetătorii sovietici au pus la punct surse perfecționate, iar alți cercetători, pentru obținerea unui semnal „curat“, au recurs la montaje cu generatoare profesionale.

Obiectele studiate prin metoda Kirlian sînt în general solide: conductori, dielectrics, semiconductori și în particular organisme vii. Subliniem că în bibliografia cercetată nu am găsit date referitoare la variația semnalului cu sarcina, problemă cu atît mai importantă cu cît această sarcină, în cazul unui organism viu, nu este nici omogenă, nici liniară, ci este variabilă în timp și unii parametri variază cu semnalul. Ultima proprietate reiese din analiza făcută în acest capitol la care se adaugă comportamentul organismului viu în cîmpul electromagnetic, caracterizat prin modificări ce confirmă ideea unei homeostazii electrice a organismului. O modificare a caracteristicilor obiectului investigat cu cîmpul electric în care este plasat a putut fi obținută prin electronografia unui abdomen uman. Aplicînd impulsul unic electronografic pentru prima oară s-a obținut imaginea unor puncte electrodermale pe emulsia fotografică. Alte două electronografii ale aceluiași abdomen, obținute la interval de cîteva zeci de secunde, ne-au arătat că unele puncte după primul impuls s-au „închis“, fenomenul continuînd cu alte puncte „închise“ de cel de-al doilea impuls. După cîteva zeci de minute, punctele „închise“ s-au „redeschis“. Acest experiment explică de ce prin metoda Kirlian nu se obțin punctele de acupunctură. S-au făcut comunicări în care se afirmă că fotografia Kirlian ar pune în evidență aceste puncte, dar nu am văzut încă imagini care să ateste vizibil acest fapt. Tot de aici iese în evidență și una din diferențele de principiu între electronografie și fotografia Kirlian, și anume cea referitoare la relația semnal electric — obiect investigat, în sensul că prima metodă pune în valoare mărimi cvasiinstantanee perturbînd la minimum starea obiectului, pe cînd cea de a doua metodă evidențiază mărimi mediate.

Metoda Kirlian are trei variante: a) înregistrarea imaginii de electroluminescență direct pe film fotografic, b) vizualizarea descărcărilor cu sau fără un sistem optic adaptat și c) obținerea imaginii, mărite, pe ecranul electroluminescent al unui tub catodic.

În prima variantă, fie obiectul și filmul, cu un strat de aer între ele, constituie dielectricul unui condensator, fie obiectul pus la masă este una din armăturile condensatorului iar filmul și un strat de aer formează dielectricul. Uneori se folosesc filme pe ambele fețe ale obiectului.

Stratul de aer, de grosime critică (zeci-sute de microni), are o mare importanță pentru realizarea unei bune fotografii Kirlian. Dacă stratul de aer lipsește, se va obține „umbră” obiectului cu o descărcare corona pe marginea conturului. Fața emulsionată a filmului alb-negru se așază spre obiectul investigat. Uneori se obține o îmbunătățire a imaginii dacă între obiect și film se introduce un dielectric. Alteori tot aici poate fi un strat de apă sărată sau alt lichid conductor. În acest caz, fața emulsionată a filmului nu va mai fi orientată spre obiect pentru a nu fi deteriorată. Utilizînd film color se pot realiza imagini frumoase cu compoziție spectrală diferită în funcție de orientarea filmului cu fața emulsionată spre obiect sau invers. Fotografia Kirlian arată regiunea inimii de un albastru intens, antebrațul verde-albastru iar coapsa măslineu.

Fotografia Kirlian se obține de regulă într-o cameră întunecoasă.

În U.R.S.S. s-a realizat efectuarea fotografiei în cameră luminată, în două variante: 1) obiectul se introduce într-un plic opac și, 2) filmul se introduce în plic opac, restul sistemului de expunere rămînînd neschimbat. Varianta a doua nu dă chiar aceeași imagine ca în lipsa plicului opac. Deformarea depinde de natura materialului din care este confecționat plicul, de grosimea și omogenitatea materialului, precum și de existența în interiorul plicului a unui strat de aer sau alt gaz. Practica fotografiei Kirlian a dus la imaginarea multor sisteme de electrozi, în funcție de forma și mărimea obiectului de fotografiat:

1) O placă disc pe miner izolator. Această placă reghlată cu un șurub micrometric face posibilă izolarea unor

variate detalii biologice de pe aceeași față a unui obiect; 2) Plăci plane, pătrate; 3) Plăci flexibile pentru obținerea imaginilor de la obiecte rotunde; 4) O armătură rotundă pentru obținerea imaginilor prin rulare pe un obiect de lungime nedefinită. Cilindrul se poate schimba cu altul mai lung sau mai scurt în funcție de lățimea ce trebuie acoperită; 5) O placă în formă de ramă; 6) Condensator în formă de clește pentru fotografia frunzelor vii; 7) Plăci elastice flexibile pentru obiecte de diferite forme. O altă variantă a sistemului de captare, transducție și producere a imaginii se folosește în vederea corelării cu starea biologică a organismului și se caracterizează prin folosirea unei armături transparente de condensator (cealaltă armătură este organismul) la care se atașează un dispozitiv optic de observare. Elementele acestui dispozitiv sînt: 1) placă transparentă, 2) șurub de tracțiune; 3) inel opriitor; 4) bucsă mobilă; 5) canal circular; 6) tub de evacuare; 7) tub pentru detectorul de lumină; 8) șurub de reglare a clarității.

Cu sistemul de mărire a imaginii se văd clar canalele de descărcare pe configurația de bază a învelișului cutanat cu forme variate: puncte, coroane, „flăcări”, globuri. Culoarele variază de la albastru la diferite nuanțe de lila sau galben, putînd fi strălucitoare sau ușor estompate. Unele canale luminează constant, altele licăresc, unele „flăcări” izbucnesc periodic sau sînt staționare, altele „se plimbă”. Structura și caracteristicile de emisie ale acestor canale de descărcare se pot folosi la evaluarea unei stări globale a organismului, precum și la studiul răspunsului sistemului la diferite radiații. De exemplu, prin iradierea unui organism cu o radiație laser ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$) se observă o creștere importantă a intensității descărcărilor sub formă de „flăcări”, lucru care nu se întîmplă dacă obiectul este iradiat cu lumină necoerentă. Investigații asupra spectrului descărcărilor în infraroșii, în cazul frunzelor, pun în evidență existența unei serii de maxime (4200 $\text{\AA}$, 4250 $\text{\AA}$, 4550 $\text{\AA}$, 4750 $\text{\AA}$) și cîteva maxime mai mici în zona de roșu a spectrului. Dacă frunzele sînt iradiate cu o radiație laser cu $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ atunci spectrul se modifică în regiunea albastră și verde, astfel că apar maxime la 5100 $\text{\AA}$ și 4800 $\text{\AA}$ și deplasări de spectru în gama 4400 $\text{\AA}$ — 4500 $\text{\AA}$. Oricum, numărul de maxime în albastru rămîne același.

Pentru observarea unor zone mai întinse se folosește un aranjament care permite fie înregistrarea comodă pe fotografie, fie vizualizarea pe monitor TV.

Înregistrarea caracterului dinamic al descărcărilor se poate face și pe peliculă cinematografică.

Cercetări experimentale au arătat că un dielectric polarizat într-un câmp de înaltă frecvență poate servi ca agent care transmite sarcini electrice de pe o parte a sa pe cealaltă. Fotografiiile Kirlian luate direct de la obiect și prin intermediul anumitor dielectrici nu diferă semnificativ. De aici s-a ajuns la varianta c) a metodei Kirlian: transmiterea imaginii electrice a unui obiect dintr-un mediu (aer la o anumită presiune) în altul cu presiunea mult mai mică, cu posibilitatea măririi imaginii. Dispozitivul utilizează un tub catodic în care se face vid parțial (cca 10^{-4} mmHg), rolul catodului fiind luat de suprafața cu imaginea electrică a obiectului.

În principiu se poate ca pe ecran să apară imaginea „catodului”, obținându-se deci o amplificare maximă egală cu raportul dintre suprafața ecranului și cea a „catodului”.

20.7. Aparat de electronografie. Aparatul de electronografie este, într-o accepție generală, un accelerator de microparticule liniar în care efectul luminos este obținut prin accelerarea unor structuri ionice pozitive care reacționează prin recombinarea cu electronii ca niște trăsori luminoși, generînd efectul pelicular, și în același timp prin interacțiunea particulelor astfel accelerate cu substanțe ce realizează fenomene de conversie electrono-optică diferențiată în funcție de energia fluxului de particule incidente. Spațiul de accelerare poate fi virtual (contact direct între suprafața organismului investigat și dispozitivul de înregistrare) sau mediat printr-un mediu cu rezistență minimă față de electronii sau microparticulele accelerate (tub vidat). Imaginea electronografică apare astfel ca o imagine instantanee determinată de un flux de microparticule direcționat și controlat ca valoare energetică.

În principiu, se poate delimita în construcția unui astfel de aparat o sursă de impulsuri de foarte înaltă tensiune cu caracteristici cuantificate, modificabile în funcție de necesitățile explorării, dar reproductibile în aceleași

condiții, realizând o emisie electronică rece dozată și controlabilă; al doilea element esențial îl constituie dispozitivul de expunere și înregistrare. Organismul viu se introduce în acest dispozitiv în condițiile impuse de tehnică fie în spațiul dielectric al unui condensator, fie ca parte constitutivă a unuia din electrozi, el însuși constituit din neomogenități electrice ce vor determina distribuții neomogene ale câmpului electromagnetic aplicat. O condiție esențială a dispozitivului de electronografie este realizarea unei izotropii perfecte a mediului dielectric, singura anizotropie fiind produsă în dispozitivul de expunere de către mediul biologic investigat.

Un element conceptual important al dispozitivului de expunere și înregistrare îl constituie stratul de conversie electrono optică ce transformă mișcarea microparticulelor accelerate în câmpul generat de sursă în imagini diferite ca luminozitate în funcție de energia microparticulelor. Această energie este în funcție de diferitele atenuări pe care le suferă câmpul electromagnetice datorate structurii investigate. Fenomenele luminoase de la nivelul stratului de conversie electrono optică pot fi preluate de senzorul de lumină separat sau suprapuse pe fenomenele de electroluminescență primară determinate în cea mai mare parte de refularea câmpului electromagnetic prin zonele de minimă impedanță ale volum-conductorului biologic explorat. Cele două componente ale imaginii electronografice vor genera efectul electromorf și efectul pelicular corespondent efectului skin.

Este necesar să precizăm în acest cadru că și alte structuri biologice sau inerte pot deveni luminescente când valoarea tensiunilor electrice atinge anumite praguri. Astfel, sticla generează nuclee luminescente în funcție de compoziția sa la tensiuni mai mari de 45 kV.

Aceste limite impun ca electronografia să fie realizată la tensiuni inferioare valorilor de 40 kV și să se utilizeze cristale cu un grad mare de puritate și cu un conținut minim în impurități metalice. În funcție de valorile tensiunii aplicate a impulsului și de sensibilitatea substanțelor convertitoare, pot fi obținute efecte electromorf și pelicular izolat prin eliminarea unuia dintre ele sau acestea pot fi suprapuse. De asemenea, în funcție de ampla-

sarea fotosenzorului și de sensibilitatea acestuia pot fi redată separat sau însumat cele două efecte distincte.

Sursele de electronografie sînt generatoare de impulsuri unice monopolare cu amplitudini între 1 kV și 40 kV.

Caracteristicile impulsului sînt:

- a) polaritatea impulsului: pozitivă sau negativă;
- b) timpul de creștere a tensiunii, care este inferior valorii de 5 μ s;
- c) panta de revenire se impune să aibă o durată suficient de lungă pentru a nu genera fenomene de luminescență (valori mai mari de 50 μ s);
- d) amplitudinea impulsului: 1 kV—40 kV.

Forma impulsului este în general triunghiulară iar polaritatea sa este determinată nu de geometria sa în funcție de linia de potențial zero, ci de sensul pantei active (deriva maximă) față de linia de referință.

În aceste condiții, impulsurile triunghiulare, așa cum au fost propuse de Iniuşin pentru ameliorarea tehnicii Kirlian, pot acționa diferit pentru aceeași formă dacă orientarea pantei active este diferită.

În condiții de explorare deosebite în care se urmărește comportarea electrică a structurilor biologice am realizat explorări cu impulsuri bipolare de tipul prezentat în fig. 6.5 d. Acest tip de impuls este util cu condiția ca valorile celor două componente să fie simetric egale.

Partea esențială a sursei electronografice o constituie circuitul formator de impulsuri care aduce impulsul la parametrii impuși de metodă în care elementele formatoare pot fi alcătuite chiar din caracteristicile electrice ale dispozitivului de înregistrare sau din comenzi realizate cu dispozitive electronice (fig. 20.23 și 20.24).

Dispozitivul de înregistrare utilizat în tehnica electronografică este ales în funcție de distribuția cîmpului electromagnetic sau de modul în care organismul viu este introdus în cîmpul explorator. Astfel, organismul viu poate fi introdus în spațiul dielectric dintre armăturile unui condensator plan căruia i se aplică tensiunea electrică exploratoare, sau suprafața de contact a organismului constituie una din armăturile condensatorului în care neuniformitatea cîmpului este indusă de armătură. În prima condiție se realizează un dielectric anizotrop, în cea de-a doua, o armătură anizotropă.

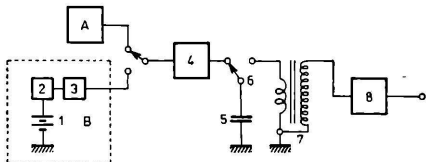


Fig. 20.23 — Schema bloc a electronografului (originală).

Stratul convertor electronoptic poate fi constituit din luminofori cu fluorescență sau fosforescență ori din cristale lichide termostabile sensibile la variațiile cîmpului electromagnetic. Caracteristicile esențiale ale stratului de conversie electronoptică sînt:

- valoarea tensiunii de aprindere;
- gradientul de tensiune dintre aprinderea parțială și cea totală a luminoforului;
- acordul spectral între sensibilitatea luminoforului și a fotosenzorului.

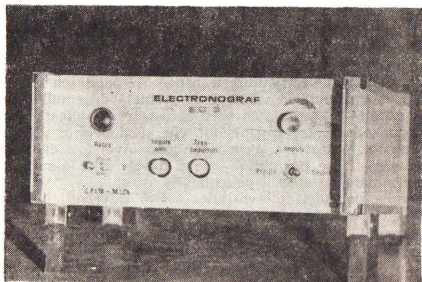


Fig. 20.24 — Aparat de electronografie (original).

În tehnica electronografică am utilizat luminofori de tipul sulfurilor metalice cu impurități activatoare și inhibitoare.

Pentru explorările biologice la nivel microscopic sau macroscopic se utilizează ca dispozitiv de înregistrare un dispozitiv de tip capacitiv în care senzorul de lumină poate fi plasat pe fiecare dintre cele două fețe. Dielectricul poate fi repartizat simetric sau asimetric față de structura investigată. În general se utilizează dispozitivul cu amplasarea simetrică a dielectricului, realizându-se în acest fel condițiile de uniformitate a câmpului. Armăturile depășesc suprafața corpului expus, evitându-se distorsiunile de câmp prin pierderi marginale la electrozi.

În explorarea organismului uman se utilizează dispozitivul prin ecran în care organismul este considerat ca una din armăturile unui condensator. Armătura biologică completează o armătură metalică acoperită cu un dielectric. În acest dispozitiv, distribuția câmpului electromagnetic, realizată prin zone de impedanță diferită și sub acțiunea câmpurilor electromagnetice biologice, este proiectată pe suprafața învelișului cutanat, respectînd o distribuție geometrică determinată de electrodul metalic al ecranului explorator. Această distribuție a câmpului electromagnetic determină o distribuție a microparticulelor cu sarcină de pe suprafața armăturii biologice care este imprimată corespundent în fața opusă a dielectricului într-o mișcare ordonată determinată de regimul de variație a câmpului, generînd în stratul de scintilație excitarea diferențiată a moleculelor ce-l compun. Prin intermediul dielectricului transparent excitarea luminoasă a stratului convertor este preluată de emulsia fotosensibilă în condiția în care aceasta este aplicată prin interpunerea între organismul viu și dielectricul ecranului de înregistrare. Prin orientarea inversă a emulsiei fotosensibile se pot obține numai descărcările luminoase determinate de efectul pelicular. În acest mod, prin dispunerea peliculei fotosensibile, pot fi diferențiate efectele electromorfe și pelicular.

Ecranul electronografic este deci un dispozitiv parțial completat de o peliculă fotosensibilă ca senzor de lumină și de organismul viu ca armătura biologică. Acest ecran furnizează imaginea luminoasă în corespondență cu câmpul electromagnetic propagat prin organismul viu.

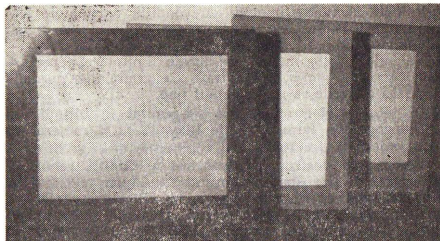


Fig. 20.25 — Diferite ecrane de electronografie (originale).

În fig. 20.25 se prezintă câteva ecrane de electronografie.

Pentru înregistrarea unei imagini în electroluminescență la nivel celular sau tisular se preferă utilizarea dispozitivului de tip capacitor, acesta asigurând o uniformitate de expunere pentru structura explorată.

Modelul obișnuit al ecranului de electronografie poate fi înlocuit printr-un dispozitiv electronoptic de captare a imaginii. Aceasta constă dintr-o cameră vidată în care fluxul de microparticule de pe unul din pereții camerei este transformat într-o emisie locală rece de electroni ce sînt focalizați și proiectați pe un ecran de scintilație la distanță, existînd posibilitatea prelucrării electronice a imaginii.

Electronografia, cu numeroasele ei variante tehnice, utilizează ca senzori de lumină pelicule fotosensibile alb-negru sau color care sînt prelucrate prin procedee fotografice adaptate. Unele dintre peliculele cele mai des utilizate sînt cele ortocromatice de tip radiologic care sînt indicate pentru luminofori cu conversie în albastru, verde și violet și care nu furnizează imagini pentru conversia în roșu. Peliculele pancromatice și ortopancromatice sînt utilizate, de asemenea, cu indicații speciale privind luminoforii sau filtrajele de lumină.

Peliculele color de tip Agfa sau Kodak de format obișnuit sau format special de mai mari dimensiuni dau

cele mai frumoase imagini cu condiția existenței unui luminozor suficient de sensibil care să furnizeze emisii luminoase intense.

Peliclele color au o sensibilitate limitată. Se preferă peliclele de mare sensibilitate cu granulație normală sau fină capabile să redea detalii fine.

În tehnica electronografică s-a căutat în ultimii ani ca senzorul de lumină să fie înlocuit cu o cameră de luat vederi în circuit închis TV.

Ecranul de electronografie în aceste condiții trebuie să fie un ecran transparent obținut fiind prin metalizarea în strat subțire, fie prin depuneri de siliconi organici, fie prin straturi de gel sau lichid conductor transparent introdus în interiorul dielectricului.

Tehnica utilizării camerei TV a fost denumită electrovizionare, găsindu-și analogii cu tehnicile uzuale de termoviziune (fig. 20.26).

Pentru a transpune imaginile electronografice în imagini TV cu respectarea principiilor ce stau la baza electronografiei s-au imaginat două procedee distincte:

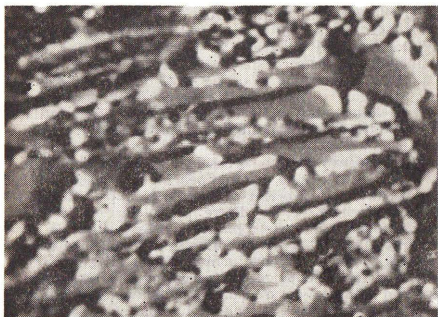


Fig. 20.26 — Imagine electronografică prelucrată cu ajutorul circuitelor electronice (originală).

1. Obținerea unei imagini electronografice și retardarea ei cu ajutorul unui strat de luminofor cu remanență (electronoviziune statică). În acest mod imaginea obținută în circuitul TV reproduce o imagine electronografică instantanee ce se schimbă prin rememorizarea unei noi imagini.

2. Sincronizarea imaginii TV cu impulsul declanșat și utilizarea unui luminofor fără remanență în care în intervalul de 1 s se succed 25 imagini consecutive. Acest procedeu prezintă dezavantajul perturbării activității electrice normale în structura investigată, dar permite analiza fină a modului de reacție a țesutului supus explorării; fiecare imagine poate fi memorată în sistem video-magnetic și analizată prin lupă de imagine.

În ceea ce privește senzorii de lumină, o perspectivă de un deosebit interes o deschide utilizarea cristalelor lichide în care imaginea poate fi obținută pe plăci speciale ce realizează în același timp conversia electronoptică diferențiată și memorizarea imaginilor obținute. O astfel de placă cu cristale lichide poate servi în explorări repetate, furnizând imagini alb-negru și color.

20.8. Prelucrarea și interpretarea imaginii electronografice. Imaginea electronografică obținută pe film poate fi interpretată direct sau prelucrată prin procedee fotografice sau electronoptice.

În utilizarea curentă, imaginile negative obținute pot fi dezvoltate rapid și aplicate pe structura biologică, localizându-se diferitele aspecte înregistrate. Copierea imaginii negative pe hîrtie permite conservarea ei și diferențierea unor detalii în funcție de modul de expunere, de calitatea materialului fotografic și a prelucrării fotografice.

Unul dintre procedeele cele mai simple de prelucrare a imaginii electronografice îl constituie prelucrarea fotografică: se pot realiza substrații pentru evidențierea unor detalii sau virări convenționale pentru evidențierea prin contrast de ton sau de culoare. Procedeele de prelucrare fotografică sînt laborioase și deseori nu sînt reproductibile pentru un număr mai mare de lucrări.

O posibilitate dintre cele mai interesante o constituie prelucrarea cu ajutorul circuitelor TV, cu care se pot realiza diferențierea prin contrast, substrații de ima-

gini, precum și utilizarea unor procedee electronice de mediere a semnalului și de scoatere a sa de sub zgomotele perturbatoare.

De asemenea, o posibilitate de prelucrare a imaginii este realizarea pseudoreliefului ce permite astfel diferențierea unor detalii cu redarea semnificației lor naturale.

Pot fi supuse prelucrărilor electronice imaginile obținute în diferite momente funcționale ale organismului, precum și prin variația parametrilor impulsului explorator, realizându-se de exemplu diferențieri în funcție de pătrunderea impulsului, de atenuările suferite în diferite organe etc.

O posibilitate de viitor o constituie folosirea procedeeleor de imagini și utilizarea lor în scopul interpretării comparate a imaginilor, precum și în mărirea imaginilor prin scoaterea semnalelor aleatoare ce perturbă imaginea (în special, în microelectronografie).

Transpunerea imaginilor în circuit TV prezintă avantajul că poate conduce la memorizarea video-magnetică a acestor imagini, constituind intrări pentru prelucrarea pe calculator.

20.9. Cîteva scheme practice de surse în electrografie. În literatura de specialitate sînt prezentate destul de multe surse de înaltă tensiune folosite în electrografie. Unele sînt descrise în amănunt, la nivelul schemei de principiu, altele merg mai departe dînd și indicațiile constructive după care să se poată reproduce cu ușurință. Aici s-au selectat cîteva scheme fără a se preciza toate detaliile constructive, insistîndu-se îndeosebi pe principiile de obținere a înaltei tensiuni.

Elementul comun tuturor surselor de înaltă tensiune pentru electrografie este transformatorul de înaltă tensiune. Unele scheme au transformatorul cu bobină Tesla, altele cu bobină de inducție, bobine de aprindere automoto sau transformator TV de linii. Cele pe bază de bobină Tesla sînt variante miniaturizate ale vestitelor transformatoare construite de Tesla la sfîrșitul secolului trecut și se caracterizează printr-o înfășurare de sute de mii de spire, bobinate pe un cilindru gol (miez de aer) peste care se bobinează o altă înfășurare concentrică de cîteva spire, cu sîrmă groasă ce constituie primarul trans-

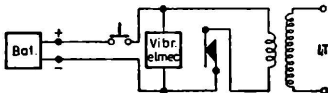


Fig. 20.27 — Schema generală de obținere a înaltei tensiuni folosind vibratorul electromecanic.

formatorului. Transformatorul cu bobină de inducție a fost inventat de Faraday cu aproape un secol și jumătate în urmă și are miez de fier și un întrerupător electromecanic al curentului din primar. Bobinele de aprindere automoto, cunoscute la noi tot sub numele de bobine de inducție, precum și transformatoarele TV de linii sint transformatoare standard, folosite la obținerea scintei necesare aprinderii amestecului carburant, respectiv la obținerea înaltei tensiuni pentru televizor.

Obținerea înaltei tensiuni se poate face simplu, prin întreruperea curentului în primarul unui trafa de înaltă tensiune cu un vibrator electromecanic (fig. 20.27).

Dezavantajul acestei scheme constă în faptul că parametrii semnalului la ieșire variază neregulat datorită rezistenței variabile a contactului comandat de vibrator. Expuneri repetate cu un obiect metalic, invariant din punct de vedere electric, arată imagini variate.

O schemă tot simplă, dar mai bună este cea prezentată în fig. 20.28. Această schemă cuprinde cinci componente de bază: B_1 , R_1 , Sw_1 , C_1 , T_1 . Condensatorul C_1 este încărcat la tensiunea lui B_1 și apoi descărcat prin Sw_1 pe primarul

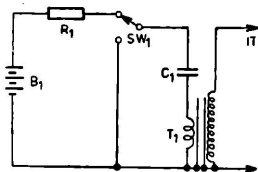


Fig. 20.28 — Schemă bazată pe descărcarea unui condensator pe primarul unei bobine de înaltă tensiune.

lui T_1 . Energia totală disipată este determinată de tensiunea lui B_1 și de capacitatea lui C_1 . Forma de undă la ieșire se poate observa cu un osciloscop cu sondă de înaltă tensiune. Are aproape aceeași alură cu cea observată în primar cu o sondă X10 și are forma unei oscilații amortizate atinând amplitudinea de zero în $0,1 \div 10$ ms, depinzând de B_1 , C_1 și T_1 . Forma de undă trebuie verificată cu atenție pentru semnalarea vibrației contactului lui Sw_1 ce provoacă variații ale formei de undă de la un impuls la altul. Dacă apar variații mari, contactorul Sw_1 se va înlocui cu altul:

- B_1 baterie 90–300 Vcc sau alimentator de la rețea 0–400 Vcc;

- C_1 condensator, 1 la 20 F, 600 V sau mai mult;

- R_1 rezistență, 1 K Ω , 0,5 W;

- Sw_1 comutator cu pîrghie sau push-buton, 400 V, 1 A sau mai mult;

- T_1 trafo IT

O schemă și mai bună va folosi circuite de comutare electronică, și nu mecanică.

Schema din fig. 20.29 prezintă un multivibrator cu tranzistori complementari dînd o formă de undă dreptunghiulară în înfășurarea primară a unui transformator cu bobină de aprindere de automobil. Spre deosebire de circuitele cu vibrator electromecanic de întrerupere a curentului prin bobină, acest circuit are o formă de undă la ieșire stabilă și controlabilă. Frecvențele de ieșire sînt determinate de caracteristicile bobinei și variază între 3 KHz și 10 KHz.

La fotografia de înaltă tensiune alternativă contează mult și timpul de expunere, motiv pentru care s-au proiectat și realizat circuite care să țină controlabil și acest parametru (fig. 20.30). C_1 , C_2 , C_5 , C_9 , C_{10} , condensatori 0,1 F, 200 la 600 V;

- C_3 condensator 0,001 μ F, 50 la 500 V;

- C_4 condensator 0,01 F, 50 la 600 V;

- C_6 condensator 1 F, 50 la 600 V;

- C_7 , C_8 condensatori 6,8 μ F, 35 V;

- C_{11} condensator 0,02 F, 1000 V;

- D_1 diodă Zener la 10 V, 0,25 W, 1 N 714;

- D_2 , D_5 diode redresoare 1N 4005;

- D_3 , D_4 led roșie 0,2 W;

- ICI c.i. amplificat. op. LM 301 A sau 741;

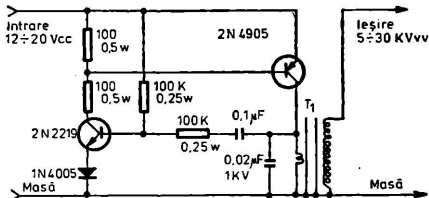


Fig. 20.29 — Schemă cu multivibrator.

PG_1 conector mamă pentru comutator extern sau aparat foto;

Q_1 tranzistor cu siliciu NPN 2 N 2219;

Q_2 tranzistor cu siliciu PNP 2 N 4905 sau HEP 248;

R_1, R_2, R_4 rezistențe 0,25 W 10 000 ohmi;

R_3, R_{11}, R_{12} rezistențe 0,25 W 100 000 ohmi;

R_5, R_{10} rezistențe 0,25 W, 1 000 000 ohmi;

R_6, R_7 rezistențe 0,5 W, 1000 ohmi;

R_8, R_9 rezistențe 0,5 W, 100 ohmi;

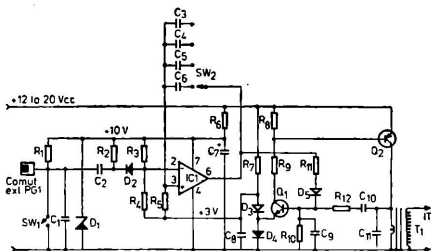


Fig. 20.30 — Schemă cu controlul timpului de expunere.

Sw_1 comutator push-buton ; se apasă la expunere ;

Sw_2 comutator rotativ cu patru poziții ;

T_1 trafo, bobină de aprindere de automobil 12 V.

Multivibratorul format din Q_1 și Q_2 comută Q_2 în conducție pentru 0,001 s apoi în blocare pentru un timp egal. Această perioadă depinde de R_{12} , C_{10} și T_1 . Forma de undă în primar rămîne la 12 V în timpul conducției după care cade la -60 ori - 100 V în blocare cu o viteză mare de variație. Variația blocare-conducție și invers induce în secundar o tensiune mare (20 000 la 30 000 V) cu oscilații amortizate. Multivibratorul este acționat de circuitul de temporizare IC1 și componentele asociate, prin rezistența R_{11} și dioda D_5 . R_{10} și C_9 sînt necesare să suprimă oscilațiile parazite datorită curenților de pierderi cînd circuitul de temporizare este blocat. C_{11} și D_8 ajută la limitarea tensiunilor nedorite tranzitorii în primarul lui T_1 protejînd tranzistorii și circuitul integrat. D_3 și D_4 sînt led-uri care au dublu rol : reglarea referinței la +3 V pentru circuitul de temporizare și de 1,5 V pentru emitorul lui Q_1 și sistem indicator a trei stări : ambele blocate = alimentare închisă, ambele luminînd slab = poziția de așteptare, una luminînd slab și una puternic = expunere de IT.

Circuitul integrat IC1 acționează ca un monostabil cu durata dată de condensatorii din bucla de reacție pozitivă, C_3 la C_6 și R_5 , timpul de expunere fiind independent de valoarea tensiunii de alimentare (12 la 20 volți). Dioda D_2 este în mod normal polarizată invers, cu excepția situației cînd se acționează comutatorul ce transmite un impuls negativ prin dioda care pornește expunerea. Ca miez se folosesc tole EI, mărime 20×20 mm.

Cu valorile arătate ale condensatorilor C_3 și C_6 circuitul va produce cu acuratețe timpi de expunere controlabili între 0,005 și 0,5 s. Timpi mai lungi sau mai scurți se pot obține prin schimbarea condensatorilor sau prin modificarea lui R_5 .

Prezentăm în continuare o schemă care dă posibilitatea obținerii unui puls sau unui tren de impulsuri de IT și cu frecvența de 50 Hz. Principiul de obținere a IT este descărcarea condensatorului pe primarul unui trafo de IT (fig. 20.31).

Într-o semialternanță condensatorul $C = C_1 + C_2 + \dots + C_6$ se încarcă prin dioda E_1 și rezistența de protecție R_2 . În cealaltă alternanță se deschide tiristorul E_3 prin dioda

Uneori este necesară o sursă de înaltă tensiune care să genereze semnale cu diferite frecvențe. O schemă care realizează aceasta este prezentată în fig. 20.32. Dispozitivul constă din trei părți principale:

1. Bobina de aprindere (TR3), condensatorul C_1 , tiristorul T_3 și convertorul de tensiune (T_1 , T_2 , D_1-D_4);
2. Un oscilator care comandă frecvența de repetiție a impulsului de înaltă tensiune (IC1, T_4 , T_5);
3. Sursa de alimentare.

Convertorul aduce tensiunea joasă de intrare, 12 Vcc, la 300 Vcc cu ajutorul unui oscilator în contratimp (T_1 , T_2 și TR2) și al unei punți redresoare (D_1-D_4). Această tensiune încarcă condensatorul C_1 . Tiristorul T_3 la trecerea sa în conducție va descărca C_1 în primarul transformatorului de IT TR3.

Oscilatorul care comandă frecvența de repetiție a impulsului de IT lucrează după principiul unei descărcări periodice a condensatorului C_2 prin tiristorul T_5 . Condensatorul C_2 este încărcat de o sursă de curent ce constă din tranzistorul T_4 , rezistența R_9 și sursa de tensiune variabilă. Tensiunea liniar crescătoare pe condensatorul C_2 se află la intrarea unui triger Schmitt realizat cu circuitul integrat IC1. Semnalul de la ieșirea acestui circuit comandă poarta tiristorului T_5 (și în același timp T_3) prin care C_2 se descarcă. După descărcarea lui C_2 se blochează T_5 și întregul proces se repetă. Curentul se încarcă pe C_2 (și frecvența oscilatorului) se reglează prin potențiometrul P_1 . Banda de frecvență este de circa 1 Hz la 200 Hz. Frecvența joasă se fixează prin R_1 (mărimea sa este în jur de 1 K Ω , în timp ce frecvența de sus se stabilește prin tensiunea pe D_{10} și D_{11} (14V).

Cu potențiometrul P_1 sînt legate două comutatoare, S_1 și S_2 , care sînt deschise doar la rotirea potențiometrului pînă la limită în stînga, ceea ce corespunde reglării lui P_1 spre frecvențe mici. La deconectarea lui S_1 și S_2 se leagă tiristorul T_3 cu comutatorul S_3 în loc de oscilatorul circuitului, lucru ce face posibil ca la ieșirea generatorului să se poată obține un singur impuls de IT și aceasta la apăsarea lui S_3 .

În ceea ce privește alimentatorul, nu este necesar să fie prezentate detalii, cu excepția datelor pentru TR1, prezentate mai jos împreună cu datele pentru TR2 și TR3.

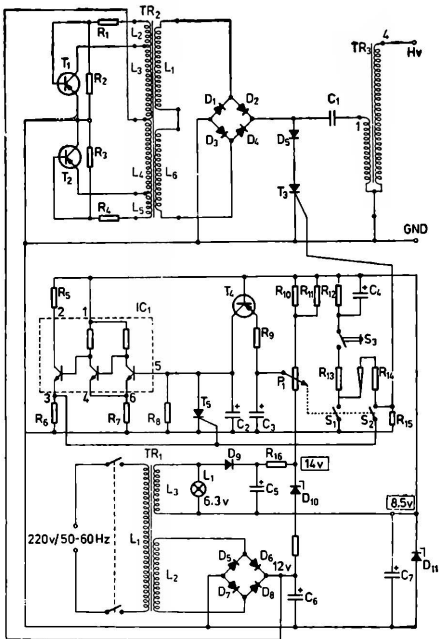


Fig. 20.32 — Schemă generatoare de trenuri de impulsuri și impuls unic.

Toate elementele semiconductoare utilizate în ultimele două scheme sînt produse ale firmei Tesla și pot fi înlocuite cu elemente echivalente ale altor firme.

TR1: $L_1 = 1850$ spire cupru emailat $d = 0,14$ mm ;
 $L_2 = 120$ spire cupru emailat $d = 0,71$ mm ;
 $L_3 = 60$ spire cupru emailat $d = 0,45$ mm ;

Se bobinează pe miez de tole EI cu dimensiunile de 20×20 mm. Fiecare înfășurare se bobinează în ordinea indicată mai sus :

TR2: $L_1 = 423$ spire cupru emailat $d = 0,224$ mm ;
 $L_2 = 7$ spire cupru emailat $d = 0,355$ mm ;
 $L_3 = 38$ spire cupru emailat $d = 0,670$ mm ;
 $L_4 = 38$ spire cupru emailat $d = 0,670$ mm ;
 $L_5 = 7$ spire cupru emailat $d = 0,355$ mm ;
 $L_6 = 517$ spire cupru emailat $d = 0,224$ mm ;

Miezul constă din $2 \times$ Ferrit E, mărime 12×15 din material H22.

TR3: bobina de aprindere pentru 12 V.

Schema de bloc a sursei de înaltă tensiune folosită în electronografie (fig. 20.23) arată că și această schemă folosește pentru obținerea IT descărcarea unui condensator 5 pe primarul unui trafo de IT, 7.

Încărcarea condensatorului se face de la un redresor 4 care are la intrare fie tensiunea obținută de la un trafo 3 acționat de inverterul cc-ca 2 alimentat de bateria 1, fie tensiunea obținută de la un trafo de rețea A. Elementul prin care această sursă de înaltă tensiune se deosebește de toate cele prezentate anterior este formatorul de impulsuri de IT 8, care aduce impulsul la forma și amplitudinea dorită. Comutatorul 6 poate fi mecanic sau electronic, cu o singură acționare la o expunere (impuls unic pentru electronografie) sau acționat la o anumită frecvență (trenuri de impulsuri pentru spectrografia în electroluminescență).

În vederea obținerii imaginilor zonelor din apropierea inimii organismului uman cu impulsuri monopolare cu amplitudine mare (40 kV) s-a realizat un aparat original (Dumitrescu, Policec și colab.) ce permite generarea unui impuls unic electronografic cu o întârziere reglabilă față de unda sistolică cu 0,06 pînă la 0,12 s. Astfel, se exclude posibilitatea ca declanșarea impulsului electronografic să poată produce eventuale accidente cardiace.

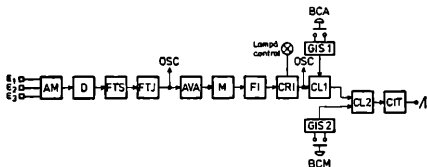


Fig. 20.33 — Schema bloc a electronografului cu declanșarea impulsului de către cord (originală).

Schema bloc a acestui electronograf (fig. 20.33) conține la intrare cei trei electrozi E_1 , E_2 , E_3 ce se vor plasa respectiv pe brațul stâng, brațul drept și electrodul de masă E_3 plasat indiferent. Apoi urmează preamplificatorul AM de măsură ECG, circuitul de diferențiere D, filtrul trece-sus FTS, filtrul trece-jos FTJ, amplificatorul de valoare absolută AVA, multivibratorul M, formatorul de impulsuri FI, circuitele de reglare a întârzierii CRI, porțile logice CL1 și CL2, generatoarele de impuls singular GIS1 și GIS2, butoanele de comandă automată BCA și manuală BCM și circuitul de înaltă tensiune — CIT.

Funcționarea corectă a aparatului este indicată de lampa de control ce iluminează sincron cu bătăile inimii. Există posibilitatea să se vizualizeze pe un osciloscop unda ECG și impulsul de comandă întârziat.

RISCUL EXPUNERILOR ELECTROGRAFICE ÎN REGIM DE CURENT DE FOARTE ÎNALTĂ TENSIUNE, MĂSURI DE SECURITATE ȘI PROTECȚIE

Utilizarea curentului de foarte înaltă tensiune în obținerea imaginilor electrografice impune practicii acestor metode măsuri de securitate atât pentru subiecții umani supuși explorărilor, în cazul în care înregistrările se fac pe oameni, cât și pentru personalul care execută expunerea. Pentru alegerea măsurilor de protecție care trebuie să însoțească cercetarea experimentală a tehnicilor electrografice, precum și explorarea funcțională este necesară identificarea factorilor de risc și a principalelor cauze de accidente care pot surveni în practica electronografiei.

1. Curentul de înaltă tensiune (20—100 kV) produce o intensă ionizare de-a lungul conductorilor electrici și mai ales la extremitățile lor libere existînd pericolul unor descărcări neprevăzute.

2. Șocul electric produs de impulsul explorator sau de trenurile de impulsuri, fără măsurile de protecție necesare, pot produce perturbații funcționale în organele interne și în special atunci cînd derivațiile în care este conectat organismul între sursa de înaltă tensiune și dispozitivul de înregistrare electrografică se interpune țesutul miocardic sau zonele vitale ale creierului vegetativ.

3. Emisia de radiații X moi este neglijabilă, dar poate cumula prin expuneri repetate efecte nocive secundare.

4. Emisia de radiații ultraviolete poate genera leziuni ireversibile ale retinei, mai ales la observarea directă a fenomenelor de electroluminescență. Proporția mare de radiații ultraviolete de frecvență înaltă poate produce, mai ales în cadrul expunerilor electrografice în electroluminescență, leziuni cutanate eritematoase pigmentare sau chiar leziuni degenerative cronice.

5. Conținutul bogat în aer ionizat din mediul în care se produc descărcări repetate poate produce, de asemenea, iritații ale arborelui bronic. Oxizii de azot ce rezultă din ionizarea intensă în jurul ecranului de expunere, mai ales în cazul fotografiei Kirlian, au un efect toxic asupra organismelor vii.

6. Expunerea abuzivă a organismului la explorări îndelungi cu trenuri de impulsuri sau prin frecvențe ridicate, ca în tehnica Kirlian, predispun la ionizarea puternică a singelui circulant în segmentul corporal expus cu consecințe ce nu pot fi estimate încă.

Aceste riscuri posibile ale expunerilor organismelor vii în condițiile obținerii imaginilor electrografice și ale experiențelor cu fenomene de electroluminescență pot fi prevenite printr-o serie de măsuri de protecție a subiectului explorat și a personalului din laboratoarele de explorări cu ajutorul metodelor electrografice.

Vom reveni asupra fiecărei condiții de risc și a posibilităților de eliminare a acestora.

1. Sursele de înaltă tensiune folosite în electronografie prezintă un avantaj important față de tehnica electrografică în înaltă frecvență: impulsul este unic, cu durată eficientă și energie foarte mică. Imaginea obținută are astfel caracterul unui instantaneu. În toate aparatele realizate de noi am utilizat ca tehnică generală de protecție a subiectului uman plasarea la masa sursei de impuls în foarte înaltă tensiune care este, la rândul ei, conectată la pământ printr-un cablu izolat conform normelor de securitate în tehnica tensiunilor înalte. Conexiunea sursei de foarte înaltă tensiune la ecranul de expunere trebuie făcută cu un singur cablu având izolație din teflon sau alt material izolant asigurat pentru o tensiune de 80 kV în curent alternativ de 50 Hz.

- Distanța dintre placa conductoare a ecranului și marginea liberă a cristalului dielectric va fi de cel puțin 50 mm pentru tensiuni de 40 kV, iar spațiul dintre dielectricul de izolare și cel de protecție al electrodului pe care se aplică impulsul de foarte înaltă tensiune va fi lipit compact cu rășini epoxidice sau alte materiale izolante având rezistență la străpungeri de foarte înaltă tensiune.

În cazul electronografiei experimentale sau microelectronografiei, când se utilizează dispozitive de tipul con-

sensorului complet, cele două cabluri conductoare vor fi izolate în aceleași condiții și obligatoriu ecranate în rețea de sîrmă. Se va respecta o riguroasă legătură cu pămîntul a carcaselor metalice sau a altor piese metalice care pot fi atinse în timpul expunerilor.

Cablurile conductoare vor fi cît mai scurte, evitîndu-se răsucirea lor sau intersectarea lor cu alte cabluri conductoare sau piese metalice.

În cazul cercetărilor cu ajutorul efectului ponderomotor, se vor evita pulberile ce pot deveni conductoare în înaltă tensiune, ca pulberile de carbon animal sau grafit, preferîndu-se pulberile organice neconductoare. Sursele de foarte înaltă tensiune care generează impulsuri unice sau cu diferite frecvențe vor genera curenți de intensitate minimă în limitele standardelor internaționale admise pentru aparatura electrică. Pentru a reduce acțiunea stimulentă a impulsului, el trebuie să fie pe o pantă de creștere cît mai rapidă ($\approx 1,5 \mu s$) și de o durată între 50 și 100 μs , fără alte rezultate din oscilații secundare în transformatorul de foarte înaltă tensiune.

2. Pentru evitarea efectelor nocive realizate prin expunerea organismului uman este necesară respectarea următoarelor principii:

a) Se va utiliza întotdeauna protecția prin plasarea la masa sursei a regiunii proximale a membrului expus și simultan a celor două membre cînd mîinile sau plantele vin în contact direct cu ecranul explorator. Contactul prin electrodul de masă va fi făcut printr-o folie de plumb îmbrăcată în înveliș, umectat cu soluție de electrolit sau printr-un electrod de suprafață mare aplicat cu 20—30 cm deasupra regiunii explorate evitîndu-se punctele motoare ale mușchilor regiunii respective.

În cazul expunerii abdomenului, acesta se va aplica pe ecranul de înregistrare nedepășindu-se o linie ce trece cu 2 cm sub vîrfurile apendicului xifoid. O limită identică va fi asigurată și în cazul expunerilor posterioare.

b) Se vor evita expunerile transtoracice doar în cazul în care aparatul de electronografie nu este înzestrat cu un dispozitiv special de protecție cardiacă prin descărcare autocontrolată. De asemenea, se vor evita descărcările transcerebrale și în special cele în care intersectează bulbul cerebral, ca și aplicarea electrozilor de masă pe regiunile sinocarotidiene, pe regiunile cu bogată iner-

vație senzitivă sau punctele motorii ori traiectele nervoase.

Pentru obținerea electronografiilor cardiace se utilizează aparatul de comandă autocontrolată a impulsului de foarte înaltă tensiune în perioada refractară absolută a miocardului. Dispozitivul de comandă va fi reglat pentru perioada refractară cardiacă prin declanșări succesive ale aparatului de electronografie în gol simultan cu urmărirea traseului electrocardiografic și controlul sincronizării celor două semnale.

c) Se vor exclude din principiu de la examenul electrocardiografic bolnavii coronarieni, hipertensivii cu valori ridicate, precum și purtătorii de pace-macker.

d) Pentru evitarea stimulării senzitive sau efectelor secundare de stimulare asupra unor organe și țesuturi din profunzime se va limita curentul sursei de înaltă tensiune sub valoarea de 0,02 mA, limită la care cordul intră în fibrilație când curentul este aplicat prin electrozi plantați direct pe miocard.

3) Pericolul de iradiere în cazul expunerii electronografice este mult redus comparativ cu expunerea radiologică și chiar cu expunerea electrografică în înaltă frecvență. Radiațiile X teoretic acceptate în cazul expunerilor electrografice în regim de foarte înaltă tensiune sînt de intensitate foarte mică, fără consecințe biologice, deoarece emisia de electroni este de tipul electrodului rece și curentul de foarte slabă intensitate (10—15 μ A) și de asemenea rezistența de frinare la electroni este redusă în țesuturile vii iar timpul de expunere este de ordinul microsecundelor. Cu toate acestea, se recomandă evitarea expunerilor repetate.

Pentru personalul din laboratoarele de experimentări măsurile de protecție la radiații trebuie riguros impuse mai ales că la acestea apare cumulul de doze, radiația ionizantă totală fiind asociată cu efectul nociv al ionizării aerului din încăperea în care se lucrează.

Radiațiile ultraviolete care se degajă în cursul expunerilor îndelungate reprezintă un factor nociv, mai ales în condiția în care se efectuează urmăriri directe ale fenomenelor luminoase pe ecrane transparente. Atît la animalele de experiență, cît și la cercetătorii care urmăreau fenomenele direct au fost observate leziuni retiniene cu caracter reversibil iar uneori leziuni cu caracter de cro-

nicitate. În expunerea directă a craniului la animalele de experiență în condițiile utilizării unui regim de radiofrecvență (fotografie Kirlian) s-a putut constata apariția unei leziuni retiniene.

Pentru protejarea ochilor se vor purta ochelari cu reținerea radiațiilor ultraviolete.

La expunerile prelungite s-a observat apariția unor iritații cutanate la nivelul zonelor expuse datorită radiațiilor ultraviolete.

5. Efectele ionizării intense cu degajarea unor concentrații mari de ozon și apariția unor oxizi de azot pot provoca iritații ale căilor respiratorii. Concentrații mai mari de $0,5-1 \cdot 10^{-6}$ de ozon sînt considerate ca nocive și timpul de lucru în aceste condiții trebuie redus, asigurîndu-se totodată ventilația încăperii în care se lucrează.

6. Expunerile organismului uman — cu toate că metoda electronografică experimentată pe un număr mare de animale de experiență și subiecți umani s-a dovedit complet lipsită de nocivitate — necesită în continuare prudență. Este complet interzisă explorarea electronografică în derivații transabdominale a femeilor gravide, de asemenea explorările electrografice pe membre nu trebuie repetate, fără discernămint putînd conduce la nevrite pe fibrele vegetative.

7. În afară de factorii nocivi descriși trebuie considerată și expunerea la cîmpuri electromagnetice de radiofrecvență în apropierea surselor și cablurilor de înaltă tensiune care pot genera o serie de tulburări vegetative ce apar în special la persoanele care lucrează cu instalațiile de electrografie. O măsură de protecție care se impune în aceste cazuri este o bună ecranare atît a sursei, cît și a conductorilor de transport al curentului electric. Această ecranare se impune și pentru eliminarea surselor de parazitare a instalațiilor electrice din vecinătate prin oscilațiile de radiofrecvență ce sînt generate în aceste condiții de lucru.

Metodele electrografice vor avea în viitor o dezvoltare sigură în numeroase domenii ale biologiei, medicinei și chiar în industrie. Ele vor deveni de un real ajutor în obținerea unei explorări funcționale lipsită de nocivitate, cu condiția respectării principiilor enunțate.

- ADAMENKO, V. G., *Biological Electrostatics*, Nekotorie Vaprosy Bioclinemiki i Bioenergetiki Organizma v Normalni i Patologii, Alma-Ata, 1972.
- ADAMENKO, V. G., DOKTOROVICI, V. A., KIRLIAN, S. D., *Digest of I Intern. Congr. of Psychotronic*, vol. I, Praga, 1973.
- BECKER, S. R., *Theory and Interpretation of Fluorescence and Phosphorescence*, Wiley Interscience, New York, 1969.
- BORN, MAX, *Fizica atomică*, Ed. științifică și enciclopedică, București, 1973.
- BOYER, D. C., TILLER, W. A., *On Corona Discharge Photography*, Stanford University, California, 1975.
- BRATESCU, G., *Fizica plamei*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1970.
- CRISTEA, A., TAMAȘ, E., OLINESCU, R., *Procese bioenergetice și oxidoreducerea enzimatică*, Ed. științifică, București, 1973.
- DANKIN, H. S., *High Voltage Photography* — second edition, H. S. Dankin, Washington.
- DELEANU, FL., III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., *Omul și mediul electric — Fenomene bioelectrice de suprafață*, Ed. științifică și enciclopedică, București, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., *Digest of Intern. Congr. of W.A.S.A.* — Montréal, 1975.
- DUMITRESCU, I. FL., *Contribuții la studiul activității electrodermale*, Teză de doctorat, IMF București, 1972.
- DUMITRESCU, I. FL., *Știință și tehnică*, 5, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., Brevet Invenție nr. 83440 OSIM, București, 1975.

- DUMITRESCU, I. FL., CELAN, E., Brevet de Inventie nr. 81143, OSIM, Bucuresti, 1975.
- DUMITRESCU, I. FL., GOLOVANOV, CARMEN, DĂNILĂ, T., *Electrodermal Explorations in Diagnosis*. Digest of XI Intern. Congr. of Bioeng. Dresda, 1973.
- DUMITRESCU, I. FL., GOLOVANOV, CARMEN, GOLOVANOV, N., CELAN, E., Brevet de Inventie nr. 82556 OSIM, Bucuresti, 1975.
- DUMITRESCU, I. FL., CELAN, E., Brevet de Inventie nr. 82222 OSIM, Bucuresti, 1975.
- DUMITRESCU, I. FL., NIȚULESCU, H., Brevet de Inventie nr. 82429 OSIM, Bucuresti, 1975.
- DUMITRESCU, I. FL., BUJOR, E., BIBISI, M., Brevet de Inventie nr. 87610 OSIM, Bucuresti, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., BOLINTINEANU, C., Digest of Intern. Congr. of W.A.S.A., Philadelphia, 1974.
- DUMITRESCU, I. FL., HERIVAN, RELA, PORTOCALĂ, R., „Rev. Roum. de Biol.”, 1, 1, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., BIBISI, M., III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., CONSTANTINESCU, G., III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., *Electronography* — Broșură ed. IPAC—MICH, 1977.
- DUMITRESCU, I. FL., CONSTANTIN, D., *Acupunctura modernă științifică*, Ed. „Junimea”, Iași, 1977.
- DUMITRESCU, I. FL., „Psychotronic”, 1, 1977.
- DUMITRESCU, I. FL., YOGA — Belge, 146, 147, 1976.
- DUMITRESCU, I. FL., BUJOR, E., Brevet de Inventie nr. 87099 OSIM, Bucuresti, 1975.
- DUMITRESCU, I. FL., *Psychoenergetic Systems*, 1978, vol. I.
- DUMITRESCU, I. FL., „Rev. Ital. d'Acup.”, 7, 17, 1970.
- EMBODE, W., MOSS, THELMA, „The Osteopathic Phys.”, 43, 1976.
- GABOVICI, M. D., *Fizica și tehnica surselor de ioni cu plasmă*, Ed. științifică și enciclopedică, 1976.
- GALATERI, L., *Parapsichologia ed effeto Kirlian*, Sugar. Co. Ed. 1978.
- GEORGESCU, L., PETREA, I., BORSAN, D., *Fizica stării lichide*, Ed. Didactică și Pedagogică, Bucuresti, 1976.

- GREENLER, R. G., MAILMANN, A. J., „Science“, 176, 1972.
- GREGUSS, P., AJANDOC, E., *Proposal to Use Longware Holography to Study Acupuncture*, National Instituts of Health, Proceedings NIH Acupuncture Research Conference, Washington, 1973.
- GUJA, CORNELIA, III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.
- HORTOPAN, G., *Tehnica impulsului în laboratorul de înaltă tensiune*, Editura tehnică, București, 1965.
- INIUȘIN, V. M., *On the Biological Esence of the Kirlian Effect*, Kazakh. State Univ., Alma-Ata, 1968.
- INIUȘIN, V. M., KIRLIAN, S. D., KIRLIAN, VALENTINA, *Digest of I Intern. Congr. of Psychotronic*, vol. I, Praga, 1973.
- KIRLIAN, S. D., KIRLIAN, V. KH., *J. of Scientific and Applied Photography*, 1961, 6, 397—403.
- KIRLIAN, S. D., KIRLIAN, VALENTINA, *Digest of I Intern. Congr. of Psychotronic*, vol. II, Praga, 1973.
- KRIPPNER, S., RUBIN, D., *Galaxies of Life. The Human Aura in Acupuncture and Kirlian Photography*, An Interface Book, Gordon and Beach, New York, 1973.
- KRIPPNER, S., RUBIN, D., *The Energies of Consciousness*, Interface Book, Gordon and Beach, New York, 130, 1975.
- LANE, E. E., *Electrophotography*, And Or Press, 3431 Rincon Annex, San Francisco, 1975.
- LOEB, L. B., *Electrical Coronas*, Univ. of Calif., Press, Berkeley, 1955.
- LUCA, E., *Elemente de fizică modernă*, Ed. Junimea, 1976.
- MILLER, R. A., *Bioluminescence, Kirlian Photography and Medical Diagnostics*, R. A. Miller, Seattle, 1974.
- MODREANU, M., MAMULAS, I., III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.
- MOSS, THELMA, *Comunicare la Congresul Internațional de Acupunctură Științifică și Tehnologie Aplicată*, București, 1977.
- MOSS, THELMA, PLONSEY, R., *Kirlian Photography and Acupuncture*, Film 16 mm Bioelectric Phenomena, Mc Graw — Hill Book Company, New York, 1969.
- PRAT, S., SCHLEMER, I., *J. of the Biol. Phot. Ass.*, Jullie, 1939.
- REVICI, E., *Research in Physiopathology as Basis of Guided Chemotherapy*, D. von Nostrand Com. Inc. N. Y. 1961.
- SĂHLEANU, V., GUJA, CORNELIA, III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.

- SMIRNOV, B. M., *Introduction to Plasma Physics*, Mir Publishers, Moscow, 1977.
- SOFRON, E., TARĂCA, ȘT., *Dispozitive optoelectronice cu cristale lichide*, Ed. tehnică, București, 1976.
- TAPER, C., HUTCHINSON „Canadian J. of Plant. Sci.”, 43, 1963.
- TARG, R., COHEN, J., *Kirlian Video Photography*, Standford Research Institute, Menlo Park, CA 94025 (1974).
- TEKTRONIX, INC., Tektronics Products 1974, P. O. Box 500 Beaverton, OR 97005, 1974.
- TILLER, W., *Digest of I Intern. Congr. of Psychotronic*, vol. II, Praga, 1973.
- UDRIȘTE, O., *Gena ancestrală și originea cancerului*, Ed. științifică și enciclopedică, 1978.
- VASILESCU, I., VASILESCU, M., DUMITRESCU, I. FL., III Intern. Congr. on Psychotronic Res., Tokyo, 1976.

Aeroioni aderenți — strat de microparticule în echilibru dinamic rezultat din procesele de respirație și transpirație tisulară aderent de corpul viu. Este compus din vapori de apă biologică, microparticule biologice ionizate, ioni liberi. Stratul aeroionilor aderenți se poate evidenția prin metoda electronografică în imediata vecinătate a organismelor vii (aspect electronografic).

Aeroioni liberi — aer ionizat rezultat din respirația biologică, dispersat în mediul înconjurător (aspect electronografic).

Blocîmp — cîmp de acțiune specifică a organismelor vii în care fenomenele energetice de natură electromagnetică interferează cu fenomenele bioenergetice.

Conversie electronoptică — transpunerea fenomenelor electromagnetice în fenomene optice prin intermediul unor substanțe cu proprietăți ce permit transformări energetice specifice (luminofori, scintilatori, cristale lichide etc.).

Convertografie — metodă originală de memorare și transpunere în imagini a efectelor unui cîmp electromagnetic tranzitoriu cu ajutorul unor radiații de înaltă frecvență (X sau UV) pe suport special de conversie electronoptică.

Cristale lichide — tip de substanțe cu structuri și proprietăți speciale ce prezintă stări de agregare intermediare (mezofaze) între starea lichidă izotropă și starea solidă cristalină.

Efect electromorf — efect specific întâlnit în electronografie rezultat din aprinderea diferențiată a unui convertor electronoptic (luminos) generată de distribuția neuniformă a cîmpului electromagnetic prin intermediul organismului viu investigat.

Efect pelicular — efect electronografic rezultat din distribuția de suprafață a strimerilor generați de un singur impuls. Suprapunerea repetată a efectelor peliculare generează „aura” caracteristică fotografiei Kirlian.

Electrografie — domeniu de metode de explorare a unui corp fizic cu ajutorul curentului electric prin care caracteristicile electrice sau neelectrice ale structurilor investigate sînt traduse în echivalent fenomenologic electric și puse în evidență grafic.

Electrografie prin blocarea emisiei secundare de lumină — electrografie ce utilizează un efect de stingere a unei surse de lumină fosforescentă printr-un flux complementar de electroni sau alte particule cu sarcină sau neutre.

Electrografie prin eclatare — electrografie în care efectul grafic este realizat prin descărcarea luminescență produsă între corpul investigat și o sursă de înaltă tensiune.

Electrografie prin efect electrochimic — metodă electrografică în care cîmpul electric explorator produce modificări în structura chimică a unor substanțe utilizate ca transductori de imagine. Efectul este obținut în absența impresiunii luminoase (sau independent de efecte fotochimice).

Electrografie prin electroluminescență — metodă electrografică ce utilizează efectul fotografic generat prin impresionarea unui fotosenzor cu radiațiile luminoase obținute în timpul descărcărilor de foarte înaltă tensiune prin intermediul structurilor investigate.

Electrografie prin efecte electrostatice — electrografie ce utilizează efectele grafice obținute prin încărcarea electrostatică a unui suport din material electrizabil.

Electrografie prin efect pondero-motor — electrografie ce utilizează migrarea în cîmp electric a unor microparticule cu sarcină sau neutre, evidențiindu-se astfel distribuția spațială a cîmpului electric.

Electronografie — metodă electrografică în electroluminescență în care imaginea este produsă prin emisie controlată de electroni (impuls unic de foarte înaltă tensiune, cuantificat) și conversie electronooptică cu ajutorul luminoforilor.

Electronoviziune — prelucrarea imaginilor electronografice în circuit de televiziune.

Fenomene electrice de suprafață — fenomene electrice proprii structurilor biologice de înveliș (membrane, mucoase, piele).

Fenomenul „ocluzie-fenestrație” — fenomenul de restrîngere și extensie în suprafață a punctului electrodermic în condiții funcționale și patologice.

Fotografie Kirlian — metodă de electrografie în regim de foarte înaltă tensiune și înaltă frecvență.

Luminofoari — substanțe chimice anorganice sau organice care au proprietatea de a transforma energia de un anumit tip (ener-

gia fluxurilor de radiații, electrică, mecanică, chimică, termică etc.) în energie luminoasă.

Mediu electric proximal — mediu electric situat în vecinătatea organismelor vii la nivelul căruia se petrec principalele fenomene de schimb energetic dintre organism și mediul electric înconjurător și în care se produc acțiuni electrice manifeste generate de activitatea biologică.

Microelectronografie — tehnică de obținere a imaginilor în electroluminescență la nivel celular și tisular.

Punct electrodermic — punct de pe învelișul cutanat ce apare prin fenomene de proiecție neurofuncționale și care din punct de vedere electric se caracterizează prin impedanță electrică minimă și potențial crescut în raport cu tegumentul indiferent. În imaginea electronografică punctul electrodermic se prezintă sub forma unui punct central întunecat înconjurat de o aureolă luminoasă discontinuă.

Radiație de interferență biologică — zonă de radiație luminoasă de frecvență înaltă ce apare în cursul expunerilor electronografice în zona de interacțiune a două organisme vii, diferită de frecvențele joase ale radiațiilor emise de fiecare organism în parte.

Spectrografie în electroluminescență — analiza spectrală a emișiei de lumină a descărcărilor electrice.

Strimer — (de la englezescul *streamer* — fascicul, flamură) — formațiune de particule ionizate ce se formează prin procese de avalanșă în timpul descărcărilor electrice în gaze la presiuni atmosferice.

Zonă de activare — zonă cu impedanță electrică minimă ce apare pe suprafața învelișului cutanat prin procese de referință sau proiecție neurofuncționale în condițiile unui proces patologic localizat visceral sau somatic.

INDREPTAR

La lectura prezentului volum cititorul este rugat
a ține seamă de următoarele modificări:

<i>Pag.</i>	<i>rîndul</i>	<i>în loc de:</i>	<i>se va citi:</i>
38	3 de sus	de trecere	de formare
106	6 de jos	atom de excitare	atom excitat
112	2 de sus	imaginea electrono- grafiei o electrografie	imaginea electrono- grafică ca o electro- grafie
112	8 de sus	dispozitivul de înre- gistrat	dispozitivul de înre- gistrare
114	5 de jos	prin fenomenul de re- fulare sau skin	prin fenomenul de re- fulare sau „skin effect“
115	14 de sus	cu cît valorile sînt mai mici	cu cît valorile impe- danței sînt mai mici
117	14 de sus	a curentului	a curentului electric
118	18 de jos	pe cîmp	de cîmp
137	5 de sus	determină radiații energetice prin meca- nisme complexe	determină radiații cu valori energetice di- ferite prin mecanisme complexe
184	Fig. 11.4	Imag. e electronogra- fica de profil	imagine electronogra- fică (negativă) de pro- fil
233	Fig. 14.3	Electrografie (origi- nală) prin blocarea emisei secundare de lumină obținută pe mînă umană	Electrografie (imagine negativă) prin bloca- rea emisei secundare de lumină obținută pe mînă umană (origi- nală)
338	12 de jos	Fig. 20.23 și	Fig. 20.23, punctul 8 din schemă
346	13 de sus	1 la 20 F	1 la 20 μ F
	11 de jos	condensatori 0,1 F	condensatori 0,1 μ F
	8 de jos	0,01 F	0,01 μ F
	7 de jos	1 F	1 μ F
	5 de jos	0,02 F	0,02 μ F